

Heuschrecken (Orthoptera) in Biodiversitätsförderflächen der voralpinen Kulturlandschaft Schönenbergs (Schweiz, Kanton Zürich) mit Trends seit 1990

Jürg Schlegel¹, Stefan Schnetzler²

¹ Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, CH-8820 Wädenswil

² Bruggerstrasse 161b, CH-5400 Baden

<http://zoobank.org/762545A9-C1F3-4E0E-89A1-12D0E775CF99>

Corresponding author: Jürg Schlegel (juerg.schlegel@zhaw.ch)

Zusammenfassung

Received 27 April 2018

Accepted 13 July 2018

Published 26 July 2018

Academic editor:

Philippe Jeanneret

Key Words

agri-environment scheme

biodiversity

ecological compensation area ECA

long-time monitoring

nature conservation

rarefaction

reed meadow

semi-natural grassland

Switzerland

Unsere Untersuchungen in der voralpinen Kulturlandschaft Schönenbergs (Schweiz, Kanton Zürich) haben ergeben, dass die Biodiversitätsförderflächen-Typen Streuefläche, Extensivweide und Extensivwiese im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Fettwiesen einen stark positiven Effekt auf die Diversität und Individuendichte von Heuschrecken ausüben. Innerhalb der Biodiversitätsförderflächen wiesen Heuschrecken in Streueflächen wiederum signifikant höhere Diversitätswerte und Individuendichten auf als in Extensivwiesen und Extensivweiden. Sie beherbergten zudem fast 95% aller beobachteten Individuen der Heuschrecken der Roten Liste. Innerhalb der Streueflächen war in Pfeifengraswiesen und Hochstaudenfluren eine signifikant höhere Heuschreckendiversität zu verzeichnen als in Kleinseggenrieden, Grosseggenrieden und verschilften Teilflächen. Die Individuendichten in Pfeifengraswiesen und Hochstaudenfluren erwiesen sich im Vergleich zu Grosseggenrieden als signifikant höher.

Im Vergleich zu früheren Erhebungen in Schönenberg ZH aus den Jahren 1990 und 2000 veränderte sich die Heuschreckendiversität in den Fettwiesen 2016 nicht signifikant, jedoch zeigten sich auf Artebene deutliche Verschiebungen der relativen Häufigkeiten. So kam die eher trockenheitsliebende Art *Chorthippus biguttulus* in den Fettwiesen 2016 bedeutend häufiger vor als 1990 und 2000, während die in der Region eher feuchtigkeitsliebende Art *Chorthippus dorsatus* einen gegenteiligen Trend aufwies. Die 1990 und 2000 noch nicht beobachtete Art *Chorthippus albomarginatus* fand sich 2016 in einigen Fettwiesen, welche zu den östlichsten Fundorten im Voralpenraum gehören.

In den Streueflächen wurde 2016 eine signifikant höhere Heuschreckendiversität als 1990 festgestellt. Die in der Schweiz gefährdete Art *Conocephalus fuscus* erlitt seit 1990 massive Einbussen, dafür nahmen andere Arten in ihrer relativen Häufigkeit markant zu, z.B. die potenziell gefährdeten Arten *Chrysochraon dispar* und *Decticus verrucivorus*. Zusätzliche Massnahmen zur Heuschreckenförderung werden erörtert, mit Schwerpunkt auf der asynchronen Nutzung, schonenden Mähtechniken sowie räumlich und zeitlich wechselnden Altgrasinseln.

Abstract

Grasshoppers (Orthoptera) in ecological compensation areas of a pre-alpine cultural landscape near Schönenberg (Switzerland, canton of Zürich) with trends since 1990. Our investigations in the pre-alpine cultural landscape of Schönenberg (Switzerland, canton of Zürich) have shown that ecological compensation areas (ECA) such as reeds and extensively managed semi-natural grassland have a highly positive effect on the species

diversity and density of grasshoppers compared to conventionally managed cut meadows. ECA reeds showed significantly higher diversities and densities of grasshopper species than ECA meadows and ECA pastures. ECA reeds also contained almost 95% of all observed individuals of the grasshoppers on the Swiss Red List. Within the ECA reeds, significantly higher species diversity was recorded in moor grass meadows and tall forb communities compared to low sedge fens, tall sedge fens and subareas with high density of *Phragmites australis*. Grasshopper densities in moor grass meadows and tall forb communities proved to be significantly higher than those in tall sedge fens.

Compared to previous surveys in Schönenberg ZH from 1990 and 2000, the grasshopper diversity in the conventionally managed meadows did not significantly change, but there were considerable shifts in the relative abundance at species level. For example, the rather xerophilous species *Chorthippus biguttulus* was more frequent in conventionally managed meadows in 2016 than in 1990 and 2000, while the regionally more hygrophilous species *Chorthippus dorsatus* showed an opposite trend. *Chorthippus albomarginatus*, a species which had not been observed in 1990 and 2000, was found in 2016 within some conventionally managed meadows. These findings currently belong to the easternmost sites of the Swiss pre-alpine region.

In 2016, a significantly higher species diversity of grasshoppers was found within the ECA reeds compared to 1990. Although the endangered species *Conocephalus fuscus* suffered a massive decline since 1990, other species significantly increased in their relative abundance, e. g. the potentially endangered species *Chrysochraon dispar* and *Decticus verrucivorus*.

Measures to promote grasshoppers on ECA grassland are discussed, with a focus on the asynchronous management, the use of compatible mowing techniques and the maintenance of temporally and spatially varying subareas with uncut vegetation.

Einleitung

Die biologische Vielfalt wurde während der letzten Jahrhunderte durch traditionelle Nutzungsformen, welche eine vielfältige und artenreiche Kulturlandschaft hervorgebracht haben, entscheidend geprägt (Bosshard 2015, Duelli and Obrist 2003). So kommen etwa 80% der Schweizer Heuschreckenarten im landwirtschaftlich genutzten, offenen Kulturland vor (Lachat et al. 2010). Durch den teilweise dramatischen Rückgang von extensiv genutztem Grünland aufgrund von Nutzungsintensivierung, Nutzungsaufgabe oder Überbauung haben jedoch in den letzten Jahrzehnten viele Tier- und Pflanzenarten massive Bestandseinbussen erlitten oder sind ganz aus unserer Kulturlandschaft verschwunden (Fischer et al. 2015). Die Rote Liste der gefährdeten Heuschrecken der Schweiz zeigt, dass Arten des Grünlands mit fast einem Drittel bedrohter Arten von diesem Rückgang besonders stark betroffen sind (Monnerat et al. 2007).

Im Kanton Zürich gingen gemäss Naturschutz-Gesamtkonzept die Magerwiesen zwischen 1939 und 1990 von rund 60000 ha auf 1000 ha zurück (Baudirektion des Kantons Zürich 1995). Gesamtschweizerisch liegt der Flächenverlust bei trockenen Magerwiesen und -weiden seit 1900 bei ca. 95% (Lachat et al. 2010). Bei den Feuchtgebieten ist der Rückgang ähnlich drastisch: im Kanton Zürich reduzierte sich deren Gesamtfläche von knapp 14000 ha im Jahr 1850 auf noch rund 1200 ha im Jahr 2000 (Gimmi et al. 2011). Gesamtschweizerisch beträgt der Verlust bei den Mooren im Zeitraum 1900 bis 2010 mehr als 80% (Lachat et al. 2010). Die noch verbliebe-

nen Magerwiesen, Magerweiden und Moore unterliegen, wie die gesamte Landschaft, selbst bei sachgemässer extensiver Nutzung einem flächigen Nährstoffeintrag aus der Luft, was zu einer schleichenden Verarmung der Artenvielfalt und Nivellierung des Artenspektrums führt (Kohli 2011). Flächenverluste und Lebensraumdegradation haben dazu geführt, dass in der Hügellzone nur noch 3.5 bis 4.5% und in der Bergzone I noch 3 bis 4.5% der landwirtschaftlichen Nutzfläche als ökologisch wertvoll bezeichnet werden kann (Walter et al. 2013).

Um den damit verbundenen Artenverlust in der Landwirtschaft entgegenzuwirken, erhalten Landwirte für ökologische Ausgleichsmassnahmen, welche zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität beitragen, Direktzahlungen des Bundes. Den höchsten Flächenanteil weisen die Biodiversitätsförderflächen-Typen Extensivwiese mit knapp 82000 ha und Extensivweide/Waldweide mit etwas mehr als 45000 ha auf. Der Typ Streuefläche umfasst lediglich knapp 8000 ha (BLW 2017).

Einige Studien belegen positive Effekte von Biodiversitätsförderflächen auf Flora und Fauna, z.B. in Bezug auf die Artenvielfalt bei Gefässpflanzen, Heuschrecken und Wildbienen in extensiv genutzten Wiesen (Knop et al. 2006). Andere Untersuchungen wiederum vermitteln ein uneinheitliches Bild: so hatten Biodiversitätsförderflächen im Kanton Aargau einen signifikant positiven Einfluss auf die Artenvielfalt bei Gefässpflanzen und Schnecken, nicht jedoch bei Vögeln und Tagfaltern (Roth et al. 2008). Ein Forschungsprojekt von Kampmann et al. (2008) im Bergland ergab keinen signifikant positiven Einfluss von extensiv genutzten Wiesen auf Heuschrecken im Vergleich

zu konventionell genutzten Wiesen, dafür jedoch einen signifikant positiven Einfluss von extensiv genutzten Weiden im Vergleich zu extensiv und konventionell bewirtschafteten Wiesen.

Die in unserer Untersuchung im Zentrum stehenden Heuschrecken werden in vergleichend-ökologischen Studien gerne verwendet, weil die Form der Bewirtschaftung einen bedeutenden Einfluss auf deren Vorkommen im Grünland ausübt (Sachteleben et al. 2007). Die schnelle Reaktion auf Veränderungen in der Umwelt und die kurzen Generationszeiten machen Heuschrecken zu nützlichen Indikatoren für die Beurteilung von Lebensräumen in der Agrarlandschaft (Chisté et al. 2016). Gemäss *Fauna Indicativa* sind 57 von 112 bewerteten Schweizer Heuschreckenarten fähig, extensive Wiesen und extensive Weiden in der collinen bis montanen Höhenstufe des Mittellands und der Alpennordflanke als Habitat zu nutzen (Klaiber et al. 2017), darunter 30 Arten der Roten Liste (Monnerat et al. 2007) und 23 für die Schweiz prioritäre Arten (BAFU 2011). In mässig feuchten bis feuchten Fettwiesen sind es, bei denselben Auswahlkriterien, maximal 20 Heuschreckenarten, wobei die meisten davon nur sporadisch bzw. in Randbereichen von Fettwiesen auftreten und nur eine Handvoll anspruchsloser, nicht gefährdeter Generalisten im Innern von intensiv genutztem Grünland dauerhaft überleben kann. In Flachmooren und Feuchtwiesen können in der collinen bis montanen Stufe des Schweizer Mittellands und der Alpennordflanke bis zu 25 Heuschreckenarten vorgefunden werden. Bei diesen Arten handelt es sich tendenziell um Lebensraumspezialisten, die vor allem intakte Feuchtgebiete besiedeln (Baur et al. 2006, Klaiber et al. 2017), darunter 12 Arten der Roten Liste (Monnerat et al. 2007) und 9 prioritäre Arten (BAFU 2011).

Als Untersuchungsgemeinde wählten wir Schönenberg ZH, weil von dort bereits Vergleichsdaten von Heuschrecken-Kartierungen aus den Jahren 1990 und 2000 vorliegen, die zur Beurteilung langfristiger Bestandstrends miteinbezogen werden können. Die Daten von 1990 stammen aus dem Heuschrecken-Inventar des Kantons Zürich (ALN 2018), diejenigen von 2000 aus einer Diplomarbeit, welche die Entwicklung der Heuschreckenfauna Schönenbergs ZH zwischen 1990 und 2000 thematisierte (Peter 2001).

Zusammenfassend verfolgten wir folgende Fragestellungen:

- i) Unterscheiden sich die Heuschreckendiversität und -dichten der Biodiversitätsförderflächen-Typen Extensivweide, Extensivwiese und Streuefläche untereinander sowie im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Fettwiesen? In welchem Ausmass leisten die Grünland-Biodiversitätsförderflächen einen Beitrag zur lokalen Heuschreckenvielfalt und zum Vorkommen stenotoper Lebensraumspezialisten?
- ii) Unterscheiden sich die Heuschreckenartenzahlen und -dichten der verschiedenen Biotoptypen innerhalb der Streueflächen?

- iii) Wie haben sich die Diversität und Individuendichten der Heuschrecken in den Fettwiesen und Streueflächen im Vergleich zu den Erhebungsjahren 1990 und 2000 entwickelt?

Methoden

Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen fanden in der Gemeinde Schönenberg ZH statt (Abb. 1). Die Gemeinde liegt, basierend auf den Kriterien von Körner et al. (2017), am nördlichen Rand des Voralpengürtels (GMBA 2017). Sie befindet sich auf montaner Höhenstufe zwischen knapp 600 und rund 750 m ü. M. und umfasst eine Fläche von 1102 ha, wovon 76.5% landwirtschaftlich genutzt werden (Statistisches Amt Kanton Zürich, 2017). Von den Biodiversitätsförderflächen im Grünland entfielen 2015 46.8 ha auf Extensivwiesen, 34.8 ha auf Streueflächen und 6.0 ha auf Extensivweiden (ALN 2015).

Schönenberg ZH liegt in der „Glaziallandschaft zwischen Lorzentobel und Sihl mit Höhronenkette“, welche zu den Landschaften und Denkmälern von nationaler Bedeutung gehört (BLN Objekt Nr. 1307). Rund 280 ha der BLN-Fläche bilden Teil der Moorlandschaft von nationaler Bedeutung Hirzel (BAFU 2007).

Auswahl der Untersuchungsflächen

Die Heuschreckenfauna der Gemeinde Schönenberg ZH erfassten wir in 100 Untersuchungsflächen, unterteilt in 70 Biodiversitätsförderflächen (10 Extensivweiden, 30 Extensivwiesen und 30 Streueflächen) sowie in 30 konventionell genutzte Fettwiesen (Lage vgl. Abb. 10, Anhang 1). Die kleinere Stichprobenmenge der Extensivweiden ist auf die Seltenheit dieser Nutzungseinheit im Untersuchungsgebiet zurückzuführen. Als Grundlage diente ein interner Datenbankauszug aller Biodiversitätsförderflächen der Gemeinde Schönenberg ZH (ALN 2015).

Die Auswahl der Flächen erfolgte auf Basis eines nach SWISSGRID ausgerichteten Rasters (Rasterquadrat: 100 m × 100 m). Die Rasterkartierung gilt bei der Erfassung der Flora als internationaler Standard und lässt sich ohne weiteres auch auf einige Tiergruppen, wie z. B. Heuschrecken, übertragen (Kronebitter et al. 2007). Bei der Auswahl der Rasterquadrate wurde darauf geachtet, dass die Quadrate möglichst in der ganzen Gemeinde verteilt waren und die im Fokus stehende landwirtschaftliche Nutzungseinheit jeweils mindestens 20% des Rasterquadrats bedeckte. Die ungleiche Verteilung der Grünland-Biodiversitätsförderflächen in der Gemeinde erlaubte es nicht, unmittelbar benachbarte Rasterquadrate mit derselben Nutzungseinheit generell von der Untersuchung auszuschliessen, da ansonsten die Stichprobenzahl zu klein geworden wäre. Hingegen war es bei den Fettwiesen möglich, ausschliesslich nicht direkt aneinander grenzende Rasterquadrate zu berücksichtigen und damit die räumliche Unabhängigkeit der Stichproben zu gewährleisten.



Abb. 1. Landschaftsausschnitt Schönenberg ZH mit Streuefläche im Vordergrund (Foto: S. Schnetzler, 17.8.2016).

Datenerhebung und Nomenklatur

In allen 100 Rasterquadraten erfolgte zwischen dem 7. August 2016 und dem 11. September 2016 je 1 Aufnahme der Heuschrecken. Während dieser Jahreszeit weisen die Imagines der meisten Heuschreckenarten die höchsten Abundanzen auf (Baur et al. 2006). Die Feldarbeiten fanden jeweils zwischen 10.00 Uhr und 18.30 Uhr, einer Lufttemperatur von mindestens 20 °C, einer Windstärke von maximal 3 Beaufort und vorwiegend Sonnenschein statt (sensu Marti 2005). In den Rasterquadraten wurde jeweils nur die im Fokus stehende landwirtschaftliche Nutzungseinheit (Extensivweide, Extensivwiese, Fettwiese oder Streuefläche) auf ihre Heuschreckenfauna hin untersucht. Dabei wurden wellenförmige Transekte in gemächlichem Schritttempo abgesprochen und die Individuen der festgestellten Heuschreckenarten in einem Streifen von ca. 5 m Breite durch Sichten und/oder Verhören aufsummiert. Die Transekte wurden direkt im Feld kartographisch festgehalten und danach im Büro nachgemessen. Die durchschnittliche Transektlänge pro Kartierobjekt schwankte in Abhängigkeit der Objektfläche zwischen durchschnittlich 129 m bei Extensivwiesen und 250 m bei Fettwiesen. Um Randeckeffekte zu minimieren, fanden im Übergangsbereich zwischen den angrenzenden Nutzungseinheiten in einer Pufferzone

von beidseits mindestens 5 m keine Zählungen statt. Bei Bestimmungsunsicherheiten wurden die Tiere mit einem Kescher eingefangen und die Arten in einem Betrachtungsdöschen mit Hilfe einer Lupe verifiziert. Die Bestimmungen erfolgten nach Baur et al. (2006).

Innerhalb der Streueflächen erfassten wir die Heuschrecken mittels Teiltransekten jeweils getrennt in den Biotoptypen Pfeifengraswiese (basenreiche Variante des Molinion; n=19), Hochstaudenflur (Filipendulion; n=21), Kalk-Kleinseggenried (Caricion davallianae; n=11), Grossseggenried (Magnocaricion; n=11) sowie, pflanzensoziologisch übergreifend, in Teilflächen mit vorherrschendem Schilfbewuchs (n=7). Die durchschnittliche Transektlänge pro Kartierobjekt schwankte zwischen durchschnittlich 57 m bei Kleinseggenrieden und 81 m bei Pfeifengraswiesen. Die Zuordnung erfolgte aufgrund von visuellen Merkmalen oder durch die Bestimmung bestimmter floristischer Charakterarten gemäss Delarze and Gonsseth (2008). Um den Randeckeffekt möglichst gering zu halten, fanden im Übergangsbereich zwischen den angrenzenden Pflanzengesellschaften in einer Pufferzone von beidseits 2.5 m keine Zählungen statt.

Die Nomenklatur der Heuschrecken richtet sich nach dem taxonomischen Index der Fauna Europaea (de Jong et al. 2014).

Datenanalyse

a) Heuschreckenkartierung 2016

Für den Vergleich der Heuschreckendiversität zwischen den landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten bzw. zwischen den Biotoptypen der Streueflächen verwendeten wir die Rarefaction-Methode. Diese erlaubt die Berechnung von Erwartungswerten bei unterschiedlichen Stichprobengrößen anhand von Rarefaction-Kurven (Smith and Smith 2009). Als Diversitätsmass verwendeten wir die Simpson-Diversität (reziproker Wert des Simpson-Index), eine Messgrösse, welche auch bei kleinen Stichproben aussagekräftige Resultate liefert (Magurran 2004). Mittels Bootstrapping wurden die 95%-Konfidenzintervalle ermittelt. Nutzungseinheiten bzw. Biotoptypen, zwischen denen kein signifikanter Unterschied besteht, sind in den entsprechenden Abbildungen und Tabellen mit einem gemeinsamen Buchstaben gekennzeichnet.

Für den Vergleich der Heuschreckendichten zwischen den verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten wurde mangels Normalverteilung der Daten ein Kruskal-Wallis-Rangsummentest durchgeführt. Die Normalverteilung wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test und die Homoskedastizität mit dem Bartlett-Test und dem Levene-Test überprüft. Um signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Flächentypen zu erkennen, erfolgte anschliessend an den Kruskal-Wallis-Rangsummentest eine Post-Hoc-Analyse. Die jeweiligen Flächentypen wurden dabei jeweils paarweise mit einem Dunn-Test verglichen. Um eine α -Fehlerkumulation zu vermeiden, wurde das Signifikanzniveau ($\alpha = 0.05$) nach der Methode von Holm korrigiert. Flächentypen, zwischen denen gemäss der Post-hoc-Analyse kein signifikanter Unterschied besteht, sind in den Boxplots mit einem gemeinsamen Buchstaben gekennzeichnet.

Um auch graduelle Unterschiede zwischen den Heuschreckengemeinschaften feststellen zu können, führten wir eine ergänzende Gradientenanalyse durch. Die Korrespondenzanalyse (Correspondence analysis CA) gilt dabei als geeignetes Ordinationsverfahren zur Analyse unimodaler Verteilungen mit langen Gradienten (ter Braak and Šmilauer 2012). Die in einer vorgelagerten Detrended correspondence analysis (DCA) ermittelte maximale Gradientenlänge der ersten Ordinationsachse von 3.68 Standardabweichungen deutet auf eine solch unimodale Verteilung der Standortdaten hin. Die Eigenwerte bzw. die kumulierte erklärte Varianz der zugrundeliegenden Gradientenachsen dienten der Dateninterpretation, v.a. der Aussagerelevanz der ersten beiden dargestellten Diagrammachsen.

b) Entwicklungstendenzen der Heuschrecken seit 1990 in den Fettwiesen und Streueflächen

Während den Heuschrecken-Kartierungen 1990 und 2000 wurde der östliche Teil der Gemeinde Schönenberg ZH nicht kartiert (Lage vgl. Abb. 11 und Abb. 12, Anhang 1). Daher wurden aus unseren Erhebungen von 2016 nur jene Rasterquadrate berücksichtigt, welche sich innerhalb

des Untersuchungsperimeters von 1990 und 2000 befinden (19 Fettwiesen und 27 Streueflächen).

Alle innerhalb des Kartierperimeters in Schönenberg vorhandenen Biotoptypen wurden durch die jeweiligen Kartierpersonen sowohl 1990 als auch 2000 auf einem Plan festgehalten. Die Abgrenzung der Biotoptypen erfolgte in die 5 Hauptkategorien Ackerland, Feuchtgebiet, Hochstaudenflur, Wiesland und Pionier-/Ruderalstandort, danach wiederum verfeinert in rund 30 Unterkategorien (z.B. Pfeifengraswiese innerhalb der Hauptkategorie Feuchtgebiet). Der ganze Kartierperimeter wurde sowohl 1990 als auch 2000 mittels schlangenförmiger Transekte je einmal pro Beobachtungsjahr auf seine Heuschreckenfauna hin untersucht (Peter 2001). Dabei fanden an Beobachtungspunkten, die in „zufälligen Abständen alle 10–50 Meter“ voneinander entfernt lagen, Abundanzschätzungen statt, welche dann dem entsprechenden Biotoptyp zugeordnet wurden. Folgende Dichteklassen kamen zur Anwendung (Radius 5 m): 1: 1–2 Individuen, 2: 3–9 Individuen, 3: 10+ Individuen. Die Beobachtungspunkte von 1990 und 2000 lagen nicht an denselben Stellen.

Wir errechneten die relative Häufigkeit jeder Heuschreckenart auf der Basis ihrer aufsummierten Dichteklassen separat für die Jahre 1990 und 2000 für die Nutzungseinheiten Fettwiese und Streuefläche. Für einen Vergleich der Extensivwiesen und -weiden war die Datengrundlage von 1990 und 2000 zu dünn. Die relativen Häufigkeiten von 1990 und 2000 wurden dann sowohl untereinander als auch mit denjenigen aus dem Jahr 2016 mit einem zweiseitigen Proportientest (inkl. Kontinuitätskorrektur) auf signifikante Unterschiede geprüft. Da 2016 im Vergleich zu 1990 und 2000 eine verfeinerte Aufnahme der Heuschreckendichten erfolgte, die auf reinen Zählzahlen basiert (Individuenzahl pro 100 Laufmeter Transektlänge), ist der Langzeitvergleich mit den relativen Häufigkeiten von 1990 und 2000 methodisch mit kleineren Unsicherheiten behaftet. Dies wurde jedoch bei der Dateninterpretation mitberücksichtigt.

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit der Statistikumgebung R 3.3.3 (R Core Team 2016), die Berechnung der Rarefaction-Kurven und Konfidenzintervalle mit dem Package „iNEXT“ (Hsieh et al. 2016). Für die Gradientenanalyse verwendeten wir das Programm CANOCO 5.04 (ter Braak and Šmilauer 2012).

Resultate

Gesamtüberblick und Vergleich zwischen den landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten

Während den Kartierungen 2016 stellten wir in den 100 Untersuchungsflächen 16 Heuschreckenarten mit total 3104 Individuen fest (Tab. 1). Gemäss Roter Liste der Schweizer Heuschrecken gelten *Conocephalus fuscus* (Fabricius, 1793), *Pseudochorthippus montanus* (Char-

Tab. 1. Liste der beobachteten Heuschreckenarten und -dichten in den landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten Schönenbergs ZH. Die Heuschreckendichte entspricht der Anzahl Individuen pro 100 m Transektlänge und ca. 5 m Transektbreite. Grau markiert ist die jeweilige Nutzungseinheit mit der höchsten Dichte für die entsprechende Art. Rote Liste Status (Monnerat et al. 2007): LC = nicht gefährdet, NT = potenziell gefährdet, VU = verletzlich.

Art (alphab.)	RL	Abundanz	Heuschreckendichte: Abundanz pro 100 m Transektlänge			
			extensive Weiden	extensive Wiesen	Fettwiesen	Streueflächen
			(n = 10)	(n = 30)	(n = 30)	(n = 30)
<i>Chorthippus albomarginatus</i>	LC	101	0.21	0.18	1.19	0.04
<i>Chorthippus biguttulus</i>	LC	381	4.96	4.25	1.95	0
<i>Chorthippus dorsatus</i>	LC	360	0.85	1.91	0.12	5.75
<i>Chrysochraon dispar</i>	NT	165	0	0.08	0	3.51
<i>Conocephalus fuscus</i>	VU	106	0	0	0	2.30
<i>Decticus verrucivorus</i>	NT	150	0.21	0.70	0	2.60
<i>Gomphocerippus rufus</i>	LC	176	3.19	3.38	0	0
<i>Mecostethus parapleurus</i>	LC	144	0.64	1.70	0.24	1.11
<i>Omocestus viridulus</i>	LC	39	0	0.41	0.08	0.37
<i>Pholidoptera griseoaptera</i>	LC	32	0	0.05	0	0.65
<i>Pseudochorthippus montanus</i>	VU	296	0	0.28	0	6.18
<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	LC	766	6.17	4.54	6.27	0.72
<i>Pteronemobius heydenii</i>	VU	6	0	0	0	0.13
<i>Roeseliana roeselii</i>	LC	199	1.28	2.47	0.68	0.74
<i>Stethophyma grossum</i>	VU	102	0	0	0	2.21
<i>Tettigonia viridissima</i>	LC	81	0.35	0.08	0	1.58
Heuschreckendichte pro 100 m Transektlänge			17.87	20.03	10.52	27.90
Anzahl Heuschreckenarten			9	13	7	14
Gesamte Transektlänge in m			1410	3880	7500	4610

pentier, 1825), *Pteronemobius heydenii* (Fischer, 1853) und *Stethophyma grossum* (Linnaeus, 1758) als verletzlich, *Chrysochraon dispar* (Germar, 1834) und *Decticus verrucivorus* (Linnaeus, 1758) als potenziell gefährdet (Monnerat et al. 2007). 781 von total 825 festgestellten Individuen der Heuschrecken der Roten Liste fanden sich in den Streueflächen (94.67%), 41 in den Extensivwiesen (4.97%) und 3 in den Extensivweiden (0.36%).

Die 1990 im Untersuchungsbiet noch in wenigen Einzelexemplaren nachgewiesenen Arten *Stenobothrus lineatus* (Panzer, 1796) und *Tettigonia cantans* (Fuessli, 1775) konnten 2000 (Peter 2001) und 2016 nicht mehr beobachtet werden. *S. lineatus* war 1990 noch an drei Standorten und *T. cantans* an einem Standort mit je einem Exemplar vorhanden. Bei unseren Erhebungen konnte 2016 mit *Chorthippus albomarginatus* (De Geer, 1773) eine zusätzliche Art im Gebiet gefunden werden. Sie war vorwiegend in Fettwiesen präsent. Zudem konnte mit *Pteronemobius heydenii* 2016 eine weitere zusätzliche Art in zwei Streueflächen knapp ausserhalb des Untersuchungsperimeters von 1990/2000 nachgewiesen werden.

Die Streueflächen wiesen eine signifikant höhere Heuschreckendiversität auf als die Fettwiesen, Extensivwiesen und Extensivweiden (Rarefaction Simpson-Diversität, $P < 0.05$) (Abb. 2 und Tab. 2). Obschon Extensivwiesen tendenziell eine höhere Diversität zeigten als die Extensivweiden, ergaben sich zwischen diesen Nutzungseinheiten keine signifikanten Unterschiede.

Hingegen zeigten beide Typen signifikant höhere Diversitätswerte als die Fettwiesen (Rarefaction Simpson-Diversität, $P < 0.05$).

Ein vergleichbares Signifikanzmuster ergab sich bei den beobachteten durchschnittlichen Heuschreckendichten, umgerechnet auf die Anzahl Individuen pro 100 Laufmeter (Abb. 3). Gesamthaft betrachtet unterschieden sich die landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten signifikant voneinander (Kruskal-Wallis-Rangsummentest, $\text{Chi}^2 = 67.38$, $DF = 3$, $P < 0.001$). Bei paarweisen Vergleichen liessen Streueflächen signifikant höhere Dichten erkennen als die Fettwiesen, Extensivwiesen und Extensivweiden (Dunn-Test, $P < 0.001$, $P = 0.003$ bzw. $P = 0.003$). Zwischen den Extensivwiesen und Extensivweiden manifestierten sich keine signifikanten Unterschiede (Dunn-Test, $P = 0.365$), hingegen zeigten beide Typen signifikant höhere Heuschreckendichten als die Fettwiesen (Dunn-Test, $P < 0.001$ bzw. $P = 0.028$).

In den verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten wurden in Bezug auf die Artenzusammensetzung und die Individuenzahlen der Heuschrecken graduelle Unterschiede festgestellt. Aus einer Korrespondenzanalyse (Correspondence analysis) geht deutlich hervor, dass die Streueflächen eine eigenständige Heuschreckenfauna aufwiesen (Abb. 4). Es wird aber auch ersichtlich, dass die erfassten Extensivweiden kaum einen Beitrag zur lokalen Diversität der Heuschrecken leisteten, da v.a. Extensivwiesen, zum Teil aber auch Fett-

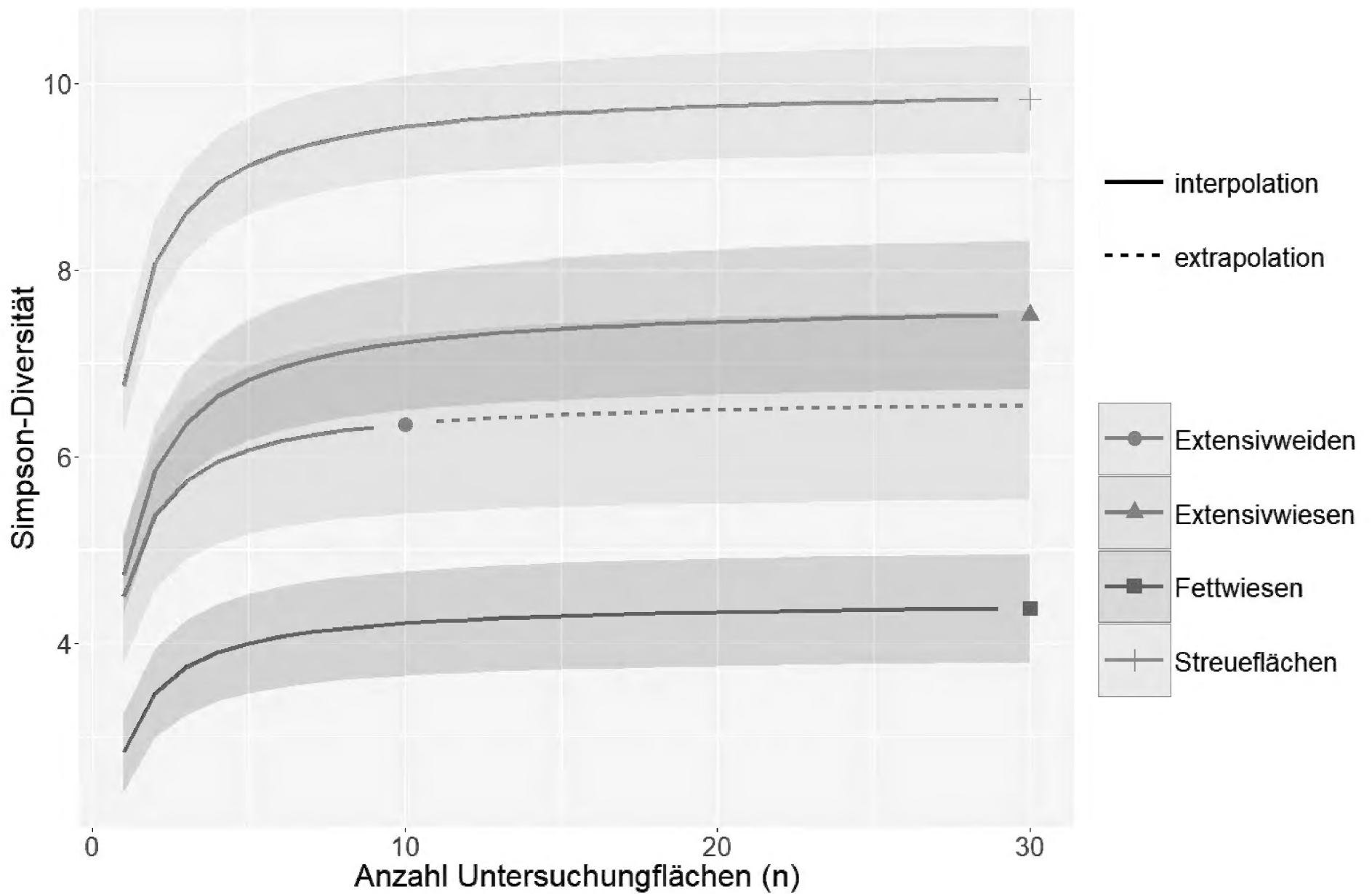


Abb. 2. Simpson-Diversität der Heuschrecken in den landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten Schönenbergs ZH. Intrapolierte und extrapolierte Rarefaction-Kurven mit 95%-Konfidenzintervallen.

Tab. 2. Simpson-Diversität der Heuschrecken in den landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten Schönenbergs ZH. Rarefaction mit 95% Konfidenzintervallen, basierend auf Stichprobengrößen n=10 und n=30. b: Beobachtungswert; e: extrapolierte Wert, i: interpolierter Wert. Nutzungseinheiten ohne signifikante Unterschiede ($P > 0.05$) weisen einen gemeinsamen Buchstaben auf.

Nutzungseinheit	Rarefaction Simpson-Diversität			
	n = 10		n = 30	
Extensivweiden	6.35 ± 0.96 (b)	A	6.55 ± 1.01 (e)	A
Extensivwiesen	7.23 ± 0.73 (i)	A	7.52 ± 0.80 (b)	A
Fettwiesen	4.21 ± 0.56 (i)	B	4.37 ± 0.58 (b)	B
Streueflächen	9.54 ± 0.55 (i)	C	9.83 ± 0.58 (b)	C

wiesen eine sehr ähnliche Zusammensetzung aufwiesen. Dies könnte jedoch mit dem geringeren Stichprobenumfang der Extensivweiden zusammenhängen.

Überblick und Vergleich zwischen den Biotoptypen der Streueflächen

5 Heuschreckenarten hatten ihre maximalen Dichten in den Hochstaudenfluren, darunter die Rote Liste-Arten *Chrysochraon dispar* und *Conocephalus fuscus* (Tab. 3). 4 Arten bevorzugten Kleinseggenriede, darunter die Rote Liste-Arten *Pseudochorthippus montanus* und *Pteronemobius heydenii*, 3 Arten die Pfeifengraswiesen,

darunter die Rote Liste-Art *Decticus verrucivorus* und 2 Arten die Grosseggenriede, darunter die Rote Liste-Art *Stethophyma grossum*.

Die Hochstaudenfluren und Pfeifengraswiesen zeichneten sich durch eine signifikant höhere Heuschreckendiversität aus als die Grosseggenriede, Kleinseggenriede und verschilften Flächen. Die Gross- und Kleinseggenriede hatten wiederum eine höhere Heuschreckendiversität als die verschilften Flächen (Rarefaction Simpson-Diversität, $P < 0.05$) (Abb. 5 und Tab. 4).

Die beobachteten durchschnittlichen Heuschreckendichten in den Biotoptypen der Streueflächen unterschieden sich, umgerechnet auf die Anzahl Individuen pro 100 Laufmeter, signifikant voneinander (Kruskal-Wallis-Rangsummentest, $\chi^2 = 18.84$, $DF = 4$, $P < 0.001$) (Abb. 6). Die Hochstaudenfluren und Pfeifengraswiesen hatten dabei signifikant höhere Dichten als die Grosseggenriede (Dunn-Test, $P = 0.001$ bzw. $P = 0.024$). Zwischen den anderen Biotoptypen waren hingegen keine signifikanten Unterschiede vorhanden.

Entwicklung der Heuschreckenfauna seit 1990

a) Fettwiesen

Die Simpson-Diversität der Heuschrecken in den Fettwiesen Schönenbergs ZH unterschied sich zwischen

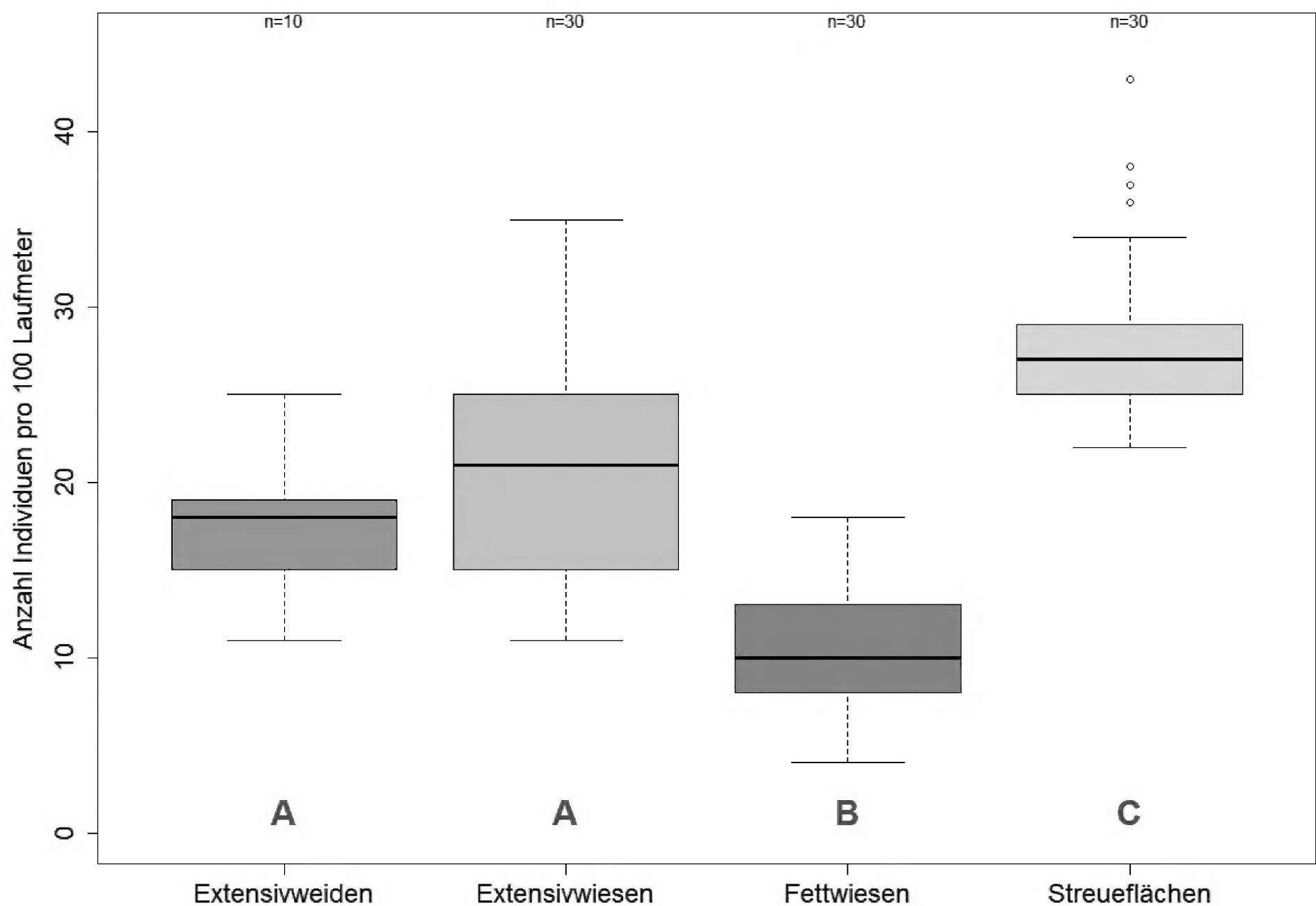


Abb. 3. Heuschreckendichten in den landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten Schönenbergs ZH. Kruskal-Wallis-Rangsummentest ($\chi^2 = 67.38$, $DF = 3$, $P < 0.001$). Nutzungseinheiten ohne signifikante Unterschiede ($P > 0.05$), basierend auf paarweisen Post-hoc-Analysen, weisen einen gemeinsamen Buchstaben auf. Median mit fetter Linie dargestellt. Boxplots repräsentieren den Interquartilsabstand, Whiskers die Bandbreite der Daten exkl. Ausreisser (kleine Kreise).

den Untersuchungsjahren 1990 (4.52 ± 1.01), 2000 (3.79 ± 0.94) und 2016 (4.06 ± 0.56) nicht signifikant voneinander (Rarefaction Simpson-Diversität, $P > 0.05$, $n=19$).

Auf Artebene ergaben sich jedoch zum Teil signifikante Verschiebungen. In den Fettwiesen dominierten 1990, in absteigender Reihenfolge, die Heuschreckenarten *Pseudochorthippus parallelus* (Zetterstedt, 1821), *Chorthippus dorsatus* (Zetterstedt, 1821), *Chorthippus biguttulus* (Linnaeus, 1758) und *Roeseliana roeselii* (Hagenbach, 1822) (Abb. 7). 2000 zeigte erneut *P. parallelus* die höchste relative Häufigkeit, diesmal gefolgt von *Ch. biguttulus*, *Ch. dorsatus* und *R. roeselii*. 2016 war *P. parallelus* am häufigsten, gefolgt von *Ch. biguttulus*, *R. roeselii* sowie der 2016 erstmals aufgetretenen Art *Chorthippus albomarginatus*. Die Bestände von *Ch. dorsatus* setzten den negativen Trend, der schon zwischen 1990 und 2000 festzustellen war, fort und gingen 2016 so markant zurück, dass die relative Häufigkeit dieser Art in den Fettwiesen im Vergleich zu 1990 um mehr als das Zehnfache tiefer lag (Proportionentest 1990/2016, $\chi^2 = 41.0$, $DF = 1$, $P < 0.001$). Dafür verdoppelten sich die relativen Häufigkeiten von *Ch. biguttulus* in den Fettwiesen seit 1990 beinahe (Proportionentest 1990/2016, χ^2

$= 7.32$, $DF = 1$, $P = 0.007$). Die relative Häufigkeit von *P. parallelus* schwankte im ganzen Zeitraum nur wenig und verharrte bei rund 60%. *R. roeselii* war ebenfalls ohne signifikanten Trend. Die relative Häufigkeit dieser Art bewegte sich im Bereich von ca. 6–8% (Abb. 7).

b) Streueflächen

Die Heuschreckendiversität der Streueflächen erwies sich 2016 (9.66 ± 0.69) im Vergleich zu 1990 (7.70 ± 0.65) als signifikant höher (Rarefaction Simpson-Diversität, $P < 0.05$, $n=27$). Die festgestellten Differenzen zwischen 1990 und 2000 (8.55 ± 0.64) bzw. 2000 und 2016 erwiesen sich als nicht signifikant (Abb. 8).

Auf Artebene fanden beträchtliche Verschiebungen der relativen Häufigkeiten statt. Unter den in Abb. 9 dargestellten Arten zeigten nur *Pseudochorthippus montanus*, die dominierende Art in den Streueflächen, und *Stethophyma grossum* keine signifikanten Veränderungen zwischen 1990 und 2016. Signifikante Zunahmen ihrer relativen Häufigkeiten manifestierten *Chrysochraon dispar*, *Decticus verrucivorus* und *Mecostethus parapleurus*, wobei letztere Art nur 2016 in den kartierten Flächen präsent war. *Ch. dispar* zeigte eine kontinuierlich starke Zunahme seit 1990 (Proportionen-

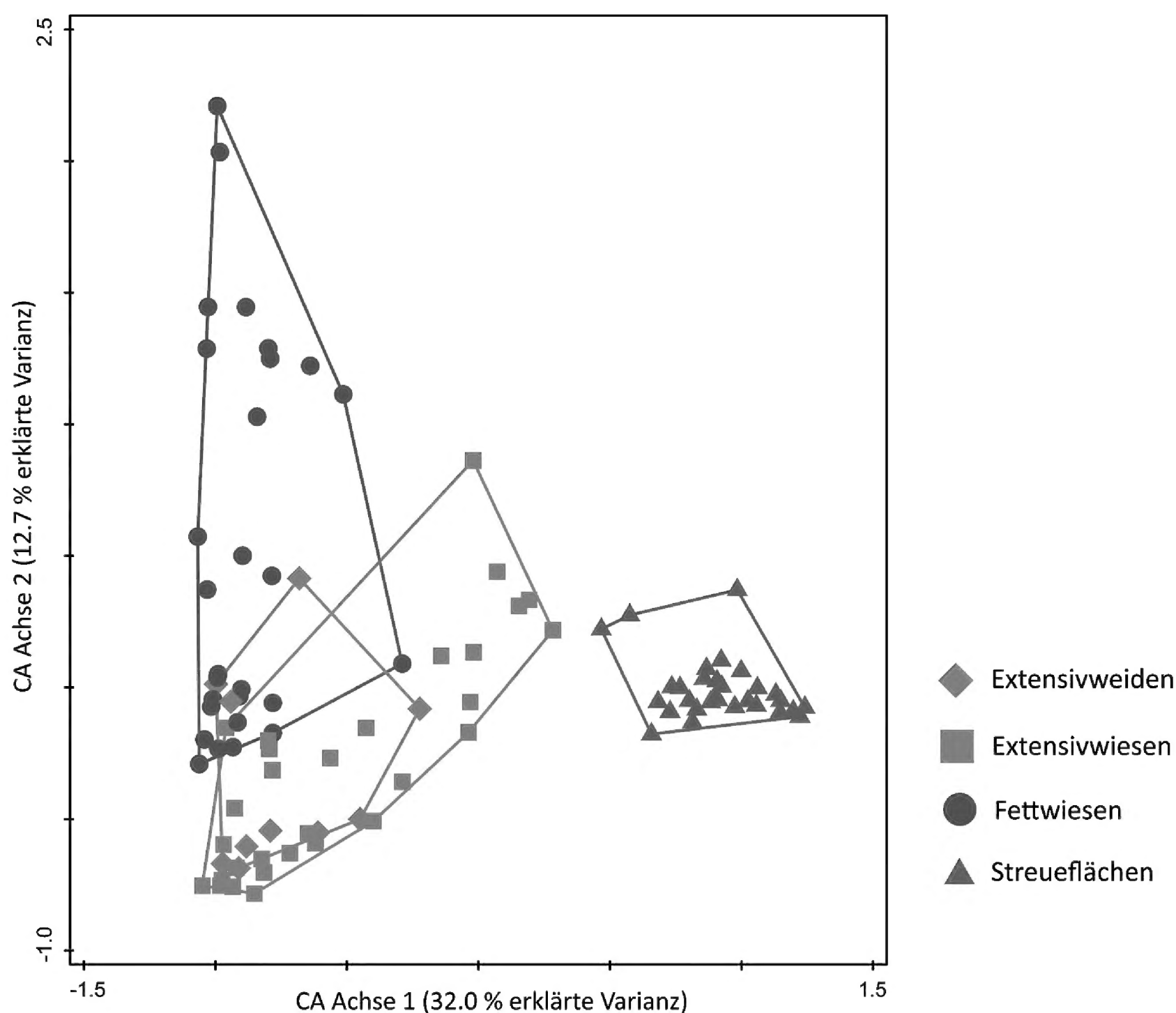


Abb. 4. Gradientenanalyse der Heuschreckenfauna in den landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten Schönenbergs ZH. Korrespondenzanalyse (Correspondence analysis CA) mit Darstellung der ersten beiden Achsen mit der grössten Aussagekraft. Erklärte Varianz der Achse 1: 32.0%, der Achse 2: 12.7%.

Tab. 3. Liste der beobachteten Heuschreckenarten und –dichten in den Streueflächen Schönenbergs ZH. Die Heuschreckendichte entspricht der Anzahl Individuen pro 100 m Transektlänge und ca. 5 m Transektbreite. Grau markiert ist die jeweilige Pflanzengesellschaft mit der höchsten Dichte für die entsprechende Art.

Art (alphab.)	Abundanz	Heuschreckendichte: Abundanz pro 100 m Transektlänge				
		Grosseggen	Hochstauden	Kleinseggen	Pfeifengras	Schilf
		(n=11)	(n=21)	(n=11)	(n=19)	(n=7)
<i>Chorthippus albomarginatus</i>	2	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00
<i>Chorthippus dorsatus</i>	265	6.90	6.17	4.13	5.52	5.65
<i>Chrysochraon dispar</i>	162	1.13	8.28	0.79	0.97	6.09
<i>Conocephalus fuscus</i>	106	2.54	5.63	0.32	0.78	0.43
<i>Decticus verrucivorus</i>	120	0.00	0.78	3.49	5.19	1.74
<i>Mecostethus parapleurus</i>	51	0.14	0.08	2.22	2.27	0.00
<i>Omocestus viridulus</i>	17	0.00	0.00	0.32	0.97	0.00
<i>Pholidoptera griseoaptera</i>	30	0.00	2.27	0.00	0.06	0.00
<i>Pseudochorthippus montanus</i>	285	1.55	0.47	11.75	10.19	8.04
<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	33	0.14	0.00	1.59	1.30	0.43
<i>Pteronemobius heydenii</i>	6	0.00	0.00	0.63	0.00	0.43
<i>Roeseliana roeselii</i>	34	0.00	1.56	0.00	0.91	0.00
<i>Stethophyma grossum</i>	102	9.01	0.63	3.33	0.26	1.09
<i>Tettigonia viridissima</i>	73	0.56	4.77	0.00	0.52	0.00
Heuschreckendichte pro 100 m Transektlänge		21.97	30.63	28.89	28.96	23.91
Anzahl Heuschreckenarten pro Biotoptyp		8	10	11	12	8
Gesamte Transektlänge in m		710	1280	630	1540	460

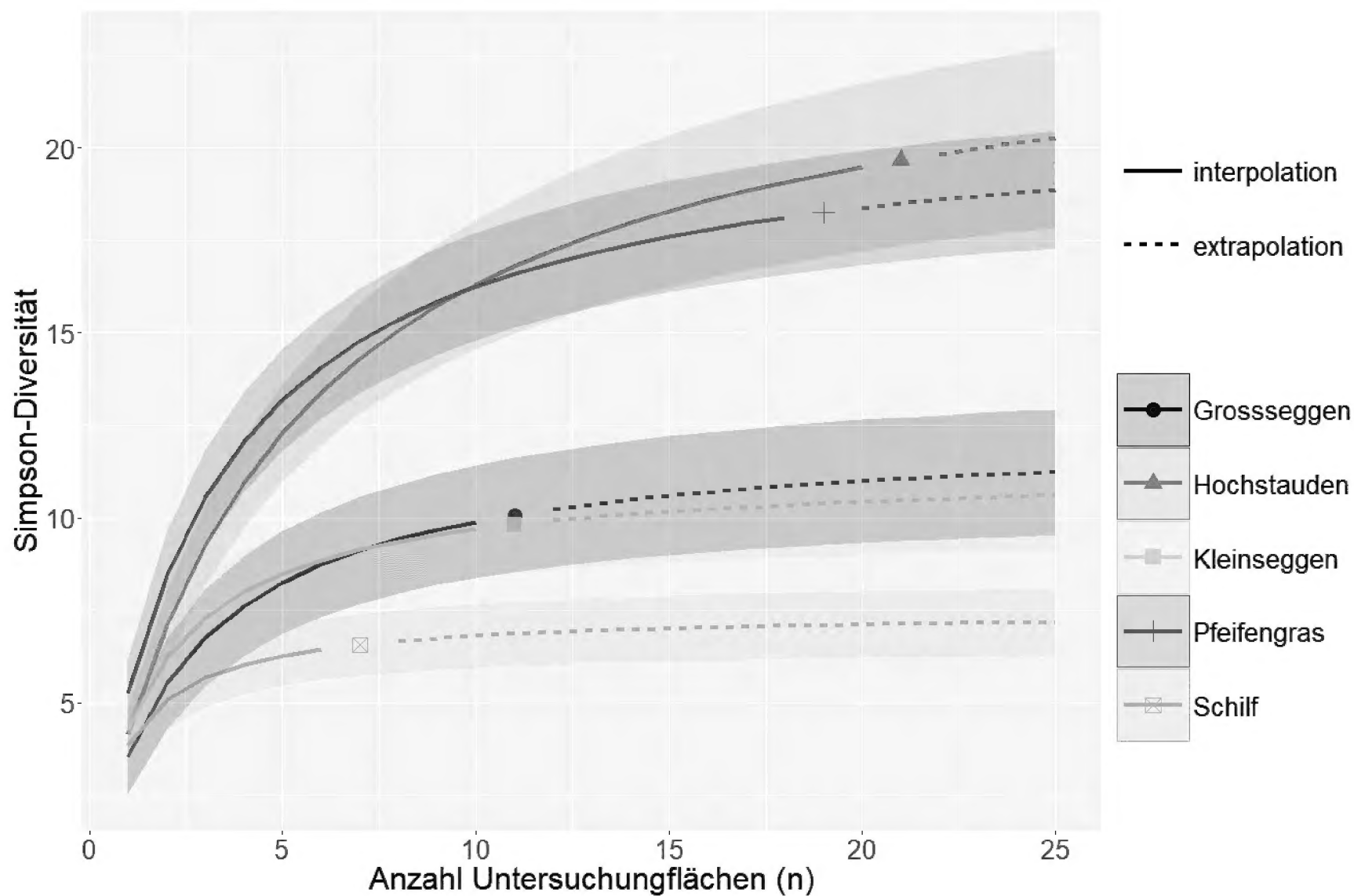


Abb. 5. Simpson-Diversität der Heuschrecken in den Streueflächen Schönenbergs ZH. Intrapolierte und extrapolierte Rarefaction-Kurven mit 95%-Konfidenzintervallen.

Tab. 4. Simpson-Diversität der Heuschrecken in den Streueflächen Schönenbergs ZH. Rarefaction mit 95% Konfidenzintervallen, basierend auf Stichprobengrößen n=7 und n=21. b: Beobachtungswert; e: extrapolierte Wert, i: interpolierter Wert. Nutzungseinheiten ohne signifikante Unterschiede ($P > 0.05$) weisen einen gemeinsamen Buchstaben auf.

Biotoptyp	Rarefaction Simpson-Diversität			
	n = 7		n = 21	
Grossseggen	9.11 ± 1.43 (i)	A	11.04 ± 1.84 (e)	A
Hochstauden	14.30 ± 1.45 (i)	B	19.66 ± 1.99 (b)	B
Kleinseggen	9.14 ± 1.07 (i)	A	10.46 ± 1.28 (e)	A
Pfeifengras	14.78 ± 1.08 (i)	B	18.49 ± 1.49(e)	B
Schilf	6.57 ± 0.85 (b)	C	7.12 ± 0.98 (e)	C

test 1990/2016, $\text{Chi}^2 = 59.17$, $DF = 1$, $P < 0.001$), bei *D. verrucivorus* fand der Anstieg zwischen 1990 und 2000 statt und verharrte 2016 auf ungefähr demselben Niveau (Proportionentest 1990/2016, $\text{Chi}^2 = 20.26$, $DF = 1$, $P < 0.001$). Die relativen Häufigkeiten von *Chorthippus dorsatus* und *Conocephalus fuscus* nahmen hingegen massiv ab. Bei *Ch. dorsatus* fand der Rückgang vor allem zwischen 1990 und 2000 statt und setzte sich 2016 nur noch bedingt fort (Proportionentest 1990/2016, $\text{Chi}^2 = 34.01$, $DF = 1$, $P < 0.001$). Bei *C. fuscus* beschleunigte sich der Rückgang, der schon zwischen 1990 und 2000 festzustellen war (Proportionentest 1990/2016, $\text{Chi}^2 = 74.08$, $DF = 1$, $P < 0.001$).

Diskussion

Heuschreckenfauna der Grünland-Biodiversitätsförderflächen und Fettwiesen im Vergleich

Die beobachtete bzw. die mittels Rarefaction abgeschätzte Heuschreckendiversität war in den Streueflächen Schönenbergs ZH signifikant höher als in den Fettwiesen, den Extensivwiesen und den Extensivweiden. Ein vergleichbares Signifikanzmuster zeigte sich auch bei den Individuendichten. Dies korrespondiert mit den Aussagen von Swengel (2001), wonach in Wiesen mit einer hohen Schnittfrequenz generell weniger Insekten zu erwarten sind. Zufuhr von Dünger erwies sich in einer Studie von Chisté et al. (2016) in Deutschland als die Hauptursache für den Rückgang vieler Heuschreckenarten, gefolgt von kürzeren Mähintervallen und der Zunahme der Beweidungsintensität.

Obschon unter den Extensivwiesen Schönenbergs ZH auch Flächen mit etwas feuchterer Ausprägung miteinbezogen wurden, unterschieden sich deren Heuschreckengemeinschaften gesamthaft betrachtet dennoch deutlich von denjenigen der Streueflächen. Nur zu Extensivwiesen, welche direkt an Streueflächen grenzen, ergaben sich gewisse Ähnlichkeiten, was auf die Funde von einigen typischen Feuchtgebietsarten wie *Pseudochorthippus montanus*, *Decticus verrucivorus* und *Chrysochraon dispar* zurückzuführen ist. Diese Funde belegen, dass extensiv bewirtschaftetes Grünland in unmittelbarer Umgebung

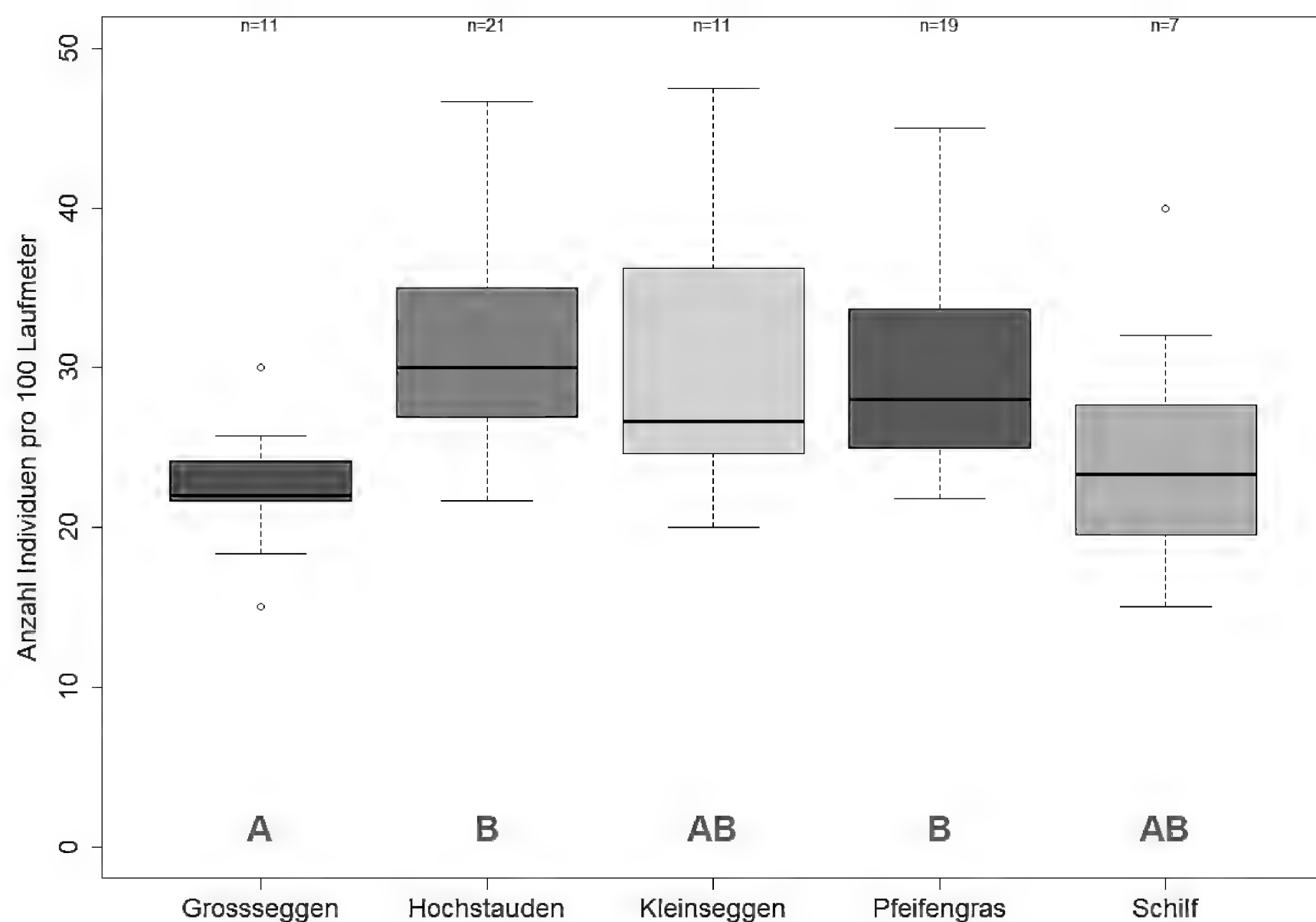


Abb. 6. Heuschreckendichten in den Streuefflächen Schönenbergs ZH. Kruskal-Wallis-Rangsummentest ($\chi^2 = 18.84$, $DF = 4$, $P < 0.001$). Biotoptypen ohne signifikante Unterschiede ($P > 0.05$), basierend auf paarweisen Post-hoc-Analysen, weisen einen gemeinsamen Buchstaben auf. Median mit fetter Linie dargestellt. Boxplots repräsentieren den Interquartilsabstand, Whiskers die Bandbreite der Daten exkl. Ausreisser (kleine Kreise).

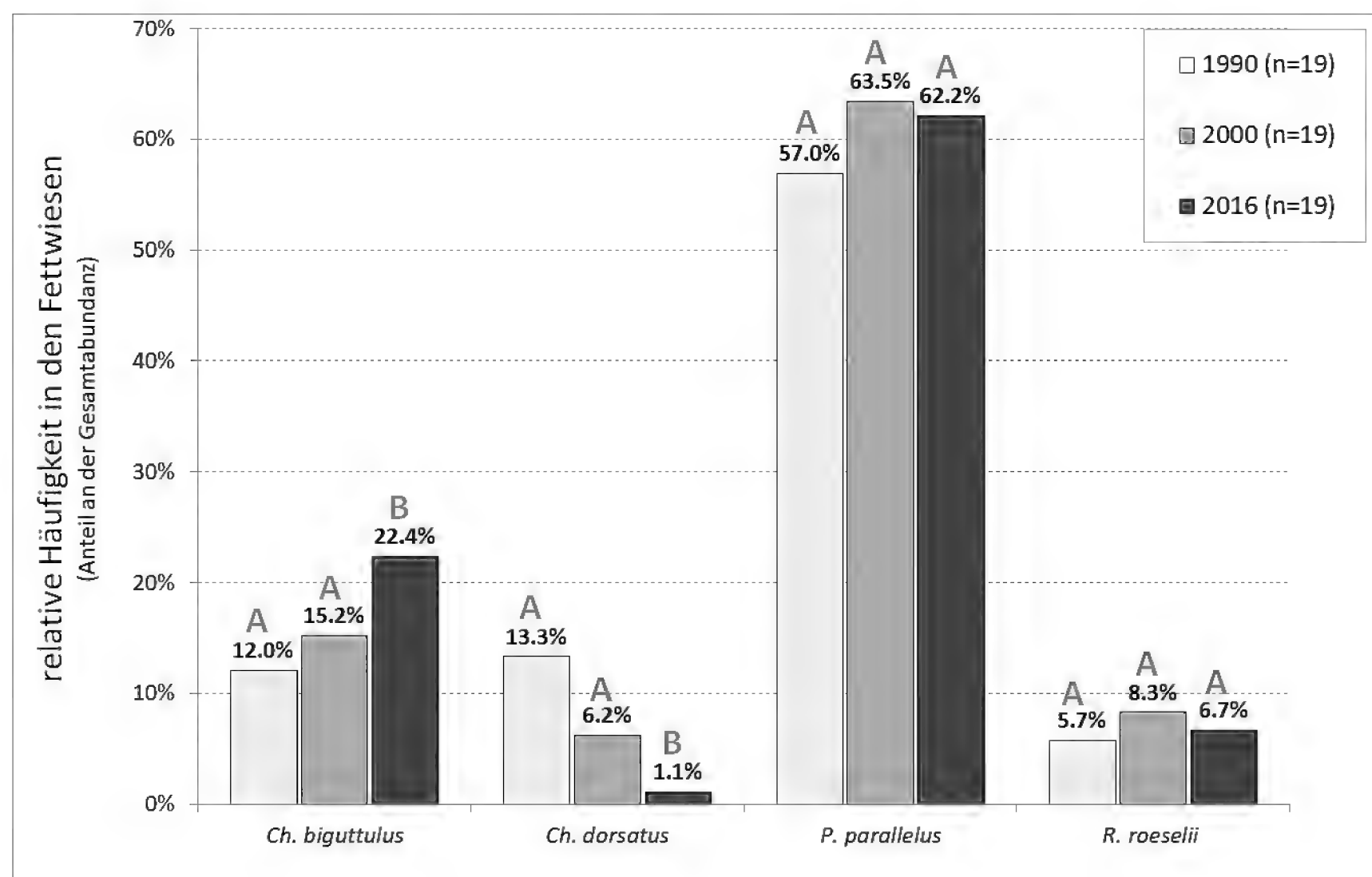


Abb. 7. Entwicklung der relativen Häufigkeiten ausgewählter Fettwiesen-Heuschreckenarten in den Untersuchungsjahren 1990, 2000 und 2016 in Schönenberg ZH. Paarweise Proportionentests. Untersuchungsjahre ohne signifikante Unterschiede der relativen Häufigkeiten ($P > 0.05$) weisen innerhalb derselben Art einen gemeinsamen Buchstaben auf.

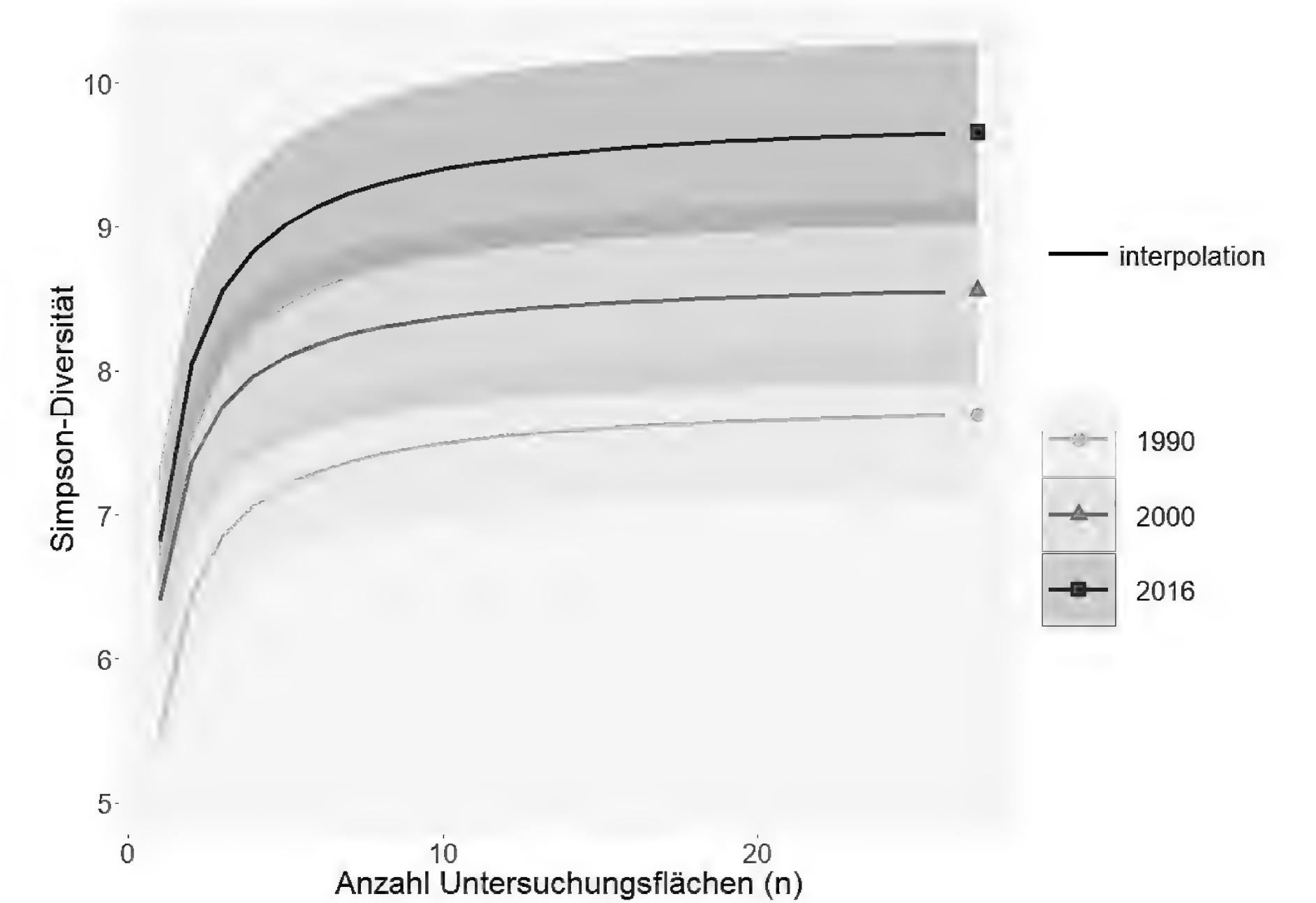


Abb. 8. Simpson-Diversität der Heuschrecken in den Streueflächen Schönenbergs ZH in den Jahren 1990, 2000 und 2016. Intrapolierte Rarefaction-Kurven mit 95%-Konfidenzintervallen.

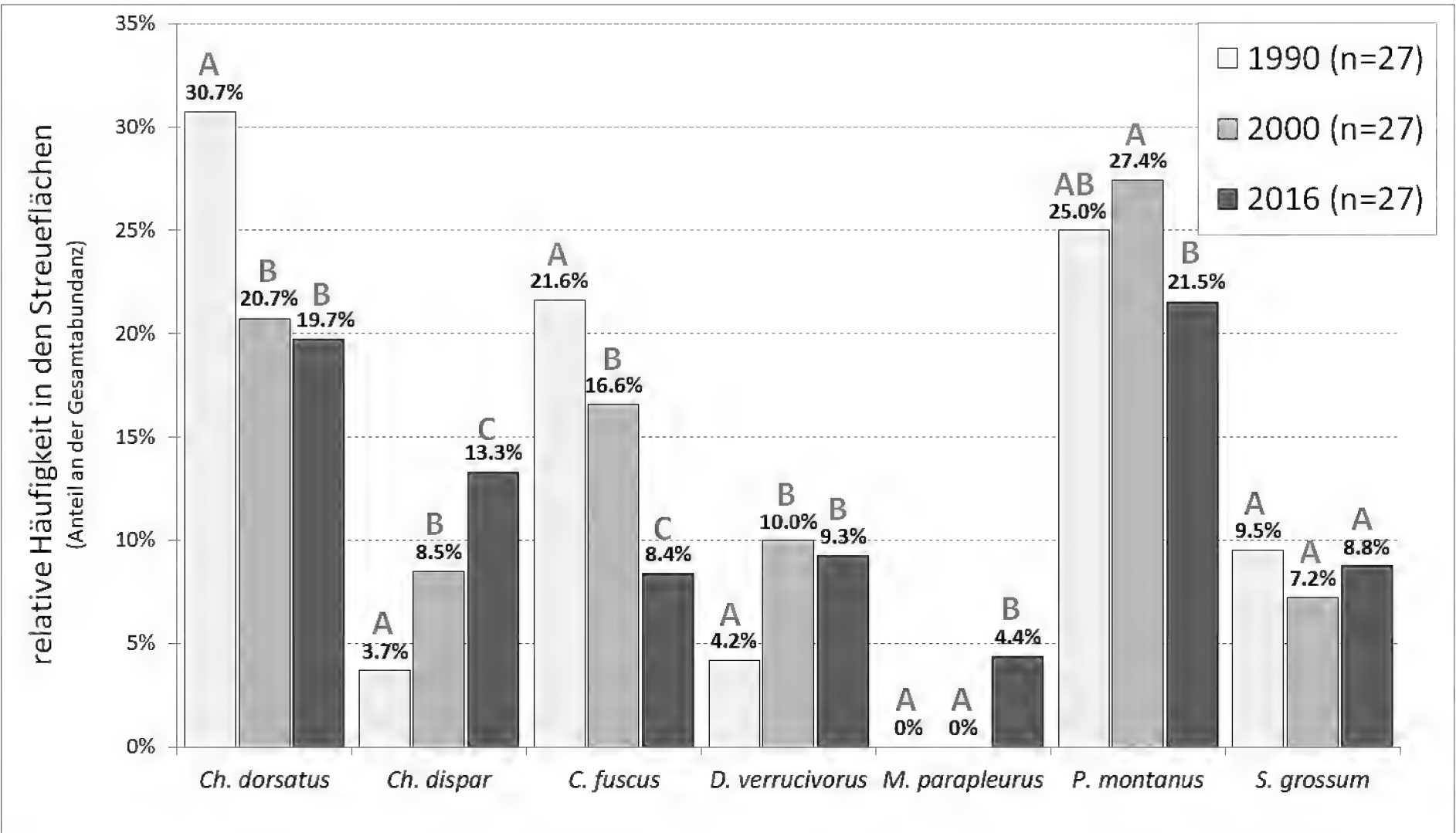


Abb. 9. Entwicklung der relativen Häufigkeiten ausgewählter Streueflächen-Heuschreckenarten in den Untersuchungsjahren 1990, 2000 und 2016 in Schönenberg ZH. Paarweise Proportionentests. Untersuchungsjahre ohne signifikante Unterschiede der relativen Häufigkeiten ($P > 0.05$) weisen innerhalb derselben Art einen gemeinsamen Buchstaben auf.

von Streueflächen von einigen Feuchtgebietsarten als Erweiterung ihres Hauptlebensraums genutzt werden kann.

Eine Korrespondenzanalyse veranschaulicht, dass sich Streueflächen und Extensivwiesen als Biodiversitätsförderflächen gegenseitig ergänzen und auf lokaler Ebene die Beta-Diversität der Heuschrecken in der voralpinen Kulturlandschaft zu erhöhen vermögen. Die Extensivweiden hingegen tragen in unserem Fall weit weniger zur Beta-Diversität bei, da ihre Heuschreckengemeinschaften hauptsächlich mit denjenigen von Extensivwiesen und, in einzelnen Fällen, auch von Fettwiesen vergleichbar sind. Die geringe Differenzierung könnte aber auch mit dem kleineren Stichprobenumfang bei den Extensivweiden zusammenhängen. In sieben der zehn untersuchten Extensivweiden stellten wir Ähnlichkeiten zu den Artenspektren bzw. den Häufigkeitsverteilungen von Extensivwiesen fest. In drei Fällen ergaben sich eher Ähnlichkeiten zu Fettwiesen.

Fettwiesen unterschieden sich von den Biodiversitätsförderflächen auf Artebene primär durch die Eudominanz von *Pseudochorthippus parallelus* und, in einzelnen Teilflächen, die relativ hohe Abundanz von *Chorthippus albomarginatus*. Extensivwiesen und Extensivweiden zeichneten sich durch hohe Dichten von *Gomphocerippus rufus* (Linnaeus, 1758) aus, einer Art, die als Imago 20–40 cm hohe Vegetation bevorzugt und während der Embryogenese auf halbtrockene, warme Böden angewiesen ist (Detzel 1998). *G. rufus* fehlte in den Fettwiesen und Streueflächen vollständig und kann deshalb in Schönenberg ZH als Charakterart für Extensivwiesen und Extensivweiden bezeichnet werden.

Heuschreckenfauna der Streueflächen: Einfluss der Pflanzengesellschaften

Die Feuchtigkeitsgradienten in den Streueflächen Schönenbergs ZH reichten von mässig feucht in einzelnen Hochstaudenfluren bis hin zu stark vernässt in den meisten Grossseggenrieden. Die Vegetationshöhe schwankte bei den Kartierungen im August/September 2016 zwischen durchschnittlich ca. 10–30 cm in intakten Kleinseggenrieden bis hin zu mehr als 2 m in verschliffen Flächen.

Die grosse Heuschreckendiversität in den Pfeifengraswiesen hängt vermutlich mit der abwechslungsreichen Vegetationsstruktur und den kleinräumig variierenden Feuchtigkeitsverhältnissen zusammen. Bis zu 1 m hohe Horste des Pfeifengrases (*Molinia caerulea*) wechseln sich mit niedrigwüchsigen Pflanzenarten ab und bilden so ein heterogenes Mosaik (Delarze and Gonseth 2008). Diese Verhältnisse erlauben es auch einigen Generalisten unter den Heuschrecken, Pfeifengraswiesen zu besiedeln, die stark vernässte Bereiche meiden, z.B. *Omocestus viridulus* (Linnaeus, 1758).

Die ähnlichsten Heuschreckengemeinschaften wiesen Kleinseggenriede und Pfeifengraswiesen auf, auch wenn die leicht feuchteren Verhältnisse und die durch Sauergräser geprägte Vegetation der Kleinseggenriede (Delarze and Gonseth 2008) zu den graduellen Unterschieden in der Artenzusammensetzung und bei den artspezifischen Individuendichten beigetragen haben dürften. Die potenziell

gefährdete Art *Pseudochorthippus montanus* stellte sich als Charakterart der Kleinseggenriede und Pfeifengraswiesen heraus. Gemäss Baur et al. (2006) besiedelt sie primär feuchte bis nasse Standorte. Ähnliche Lebensraumpräferenzen weist die auch potenziell gefährdete Art *Decticus verrucivorus* auf, welche in den Kleinseggenrieden und Pfeifengraswiesen ebenfalls ihre höchsten Dichten erreichte. *D. verrucivorus* benötigt für die Embryogenese viel Bodenfeuchtigkeit und vergleichsweise hohe Temperaturen (Detzel 1998), weshalb auch zu erklären ist, dass die Art bei uns nur vereinzelt in Flächen mit hoher Vegetation auftrat.

Als Charakterart der Grossseggenriede entpuppte sich *Stethophyma grossum*. Sie ist ausgesprochen hygrophil und benötigt besonders für die Eientwicklung viel Feuchtigkeit (Heydenreich 1999). Der Erhalt von Grossseggenrieden ist für den Fortbestand dieser gemäss Roter Liste verletzlichen Art von zentraler Bedeutung.

Flachmoore, die an intensiv genutztes Kulturland grenzen, wiesen oft nährstoffreichere Randzonen mit Hochstaudenfluren auf. Die häufig als Spierstaudenfluren ausgeprägten Säume werden in der Vegetationsökologie und im Naturschutz teilweise als Beeinträchtigung empfunden, weil sie die moortypischen Kleinseggenriede und ihre spezialisierte Flora verdrängen können (Bollens et al. 2001). Wie unsere Untersuchung zeigt, kann aber gerade solchen Hochstaudenfluren eine grosse faunistische Bedeutung zukommen, selbst für Vertreter der Roten Liste, wie den potenziell gefährdeten Arten *Chrysochraon dispar* und *Conocephalus fuscus*. *Chrysochraon dispar* ist leicht hygrophil (Klaiber et al. 2017) und bevorzugt hohe Vegetation, kann aber gemäss Baur et al. (2016) und eigenen Beobachtungen ausnahmsweise auch in langgrasiger Trockenvegetation auftreten. In Schönenberg ZH war *Ch. dispar* fast ausschliesslich in Hochstaudenfluren und verschliffen Streueflächen anzutreffen. Strikt an vertikale Vegetationsstrukturen gebunden ist *Conocephalus fuscus*, eine Art, die sowohl in Feuchtgebieten als auch in anderen langgrasigen Wiesen mit ausreichender Feuchtigkeit und einer Vegetationshöhe von ca. 30–60 cm anzutreffen ist (Baur et al. 2006). Ihr Auftreten konzentrierte sich in unserem Projekt auf Hochstaudenfluren und, in geringerem Ausmass, auf Grossseggenriede.

Heuschreckenfauna von Schönenberg ZH gestern und heute: Trends seit 1990

Die durchschnittliche Heuschreckendiversität der Fettwiesen Schönenbergs ZH hat sich seit 1990 nicht signifikant verändert. Es ergaben sich jedoch zum Teil beträchtliche Verschiebungen in den relativen Häufigkeiten einzelner Arten, besonders augenfällig beim Artenpaar *Chorthippus biguttulus* und *Chorthippus dorsatus*. Die kontinuierliche Zunahme von *Ch. biguttulus* und der markante Rückgang von *Ch. dorsatus* zwischen 1990 und 2016 könnten auf trockenere Verhältnisse in den Fettwiesen hindeuten. *Ch. biguttulus* gilt als Art, welche trocken-warme Bedingungen bevorzugt und stark gedüngte Wiesen mit dichter Vegetation meidet, während *Ch. dorsatus* auf der Alpennordseite meist auf eine gewisse Feuchtigkeit und auf eher langgrasige Vegetation angewiesen ist (Baur et al. 2006). Bei den

Datenerhebungen im August und September 2016 herrschten hohe Temperaturen und Trockenheit vor. Die Vermutung, dass der Rückgang von *Ch. dorsatus* in den Fettwiesen auch dadurch bedingt sein könnte, dass 1990 mehr Fettwiesen kartiert wurden, welche näher bei Riedflächen lagen und somit eine Einwanderung in die Randzonen von Fettwiesen hätten begünstigen können, konnte nicht bestätigt werden. Die Minimaldistanzen zwischen den berücksichtigten Fettwiesen und Streueflächen unterschieden sich zwischen den Untersuchungsjahren 1990, 2000 und 2016 nicht signifikant voneinander (Kruskal-Wallis-Rangsummentest, $\chi^2 = 3.00$, $DF = 2$, $P = 0.223$).

Die 1990 vereinzelt nachgewiesenen Arten *Stenobothrus lineatus* und *Tettigonia cantans* wurden sowohl in den Erhebungen von 2000 als auch in unserer Untersuchung nicht mehr festgestellt. Ob sie tatsächlich aus dem Untersuchungsperimeter verschwunden sind, müsste mit einer gezielten Nachsuche an den Fundorten von 1990 überprüft werden.

Von *Chorthippus albomarginatus* liegen aus den Kartierjahren 1990 und 2000 keine Beobachtungen vor. 2016 gehörte die eher anspruchslose und auch häufig in frisch geschnitten Wiesen auftretende Art (Keller et al. 2013b) zu den häufigeren Heuschrecken in den Fettwiesen Schönenbergs ZH. Im östlichen Schweizer Mittelland sind seit Mitte der Neunzigerjahre, vor allem aber seit der Jahrtausendwende, eine Vielzahl neuer Vorkommen bekannt geworden, was auf eine rezente Arealerweiterung hindeutet (CSCF 2017). Schönenberg ZH gehört dabei zu den am östlichsten liegenden aktuellen Vorposten von *Ch. albomarginatus* im Voralpenraum.

Die durchschnittliche Heuschreckendiversität der Streueflächen Schönenbergs ZH war 2016 signifikant höher als 1990 bzw. 2000. Dies ist primär auf das erstmalige Auftreten von *Ch. albomarginatus*, *M. parapleurus* und *P. heydenii* sowie auf die allgemein homogenere Artenverteilung im Kartierjahr 2016 zurückzuführen. Von *Pteronemobius heydenii* wurden 2016 insgesamt 6 rufende Individuen in zwei Streueflächen im östlichen Teil Schönenbergs ZH knapp ausserhalb des Untersuchungsperimeters von 1990 und 2000 vorgefunden. Noch Mitte der 1990er-Jahre war die Art im Kanton Zürich nur an wenigen Standorten präsent. Inzwischen besiedelt *P. heydenii* eine Vielzahl von Feuchtgebieten, so auch rund um den Zürichsee (CSCF 2017). Nebst hohen Anforderungen an die Feuchtigkeit weist die Art auch ein grosses Wärmebedürfnis auf (Detzel 1998). Wie andere thermophile Arten, die aufgrund des Klimawandels ihr Verbreitungsareal erweitern (Vittoz et al. 2013), könnte auch die Ausbreitung von *P. heydenii* zumindest teilweise auf wärmere Temperaturen zurückzuführen sein.

Die rückläufige Entwicklung von *C. fuscus* und *Ch. dorsatus* und die gleichzeitige Zunahme von *Ch. dispar* in den Streueflächen lässt sich nicht abschliessend erklären. Die Bestandessituation von *C. fuscus* und *Ch. dorsatus* in der Schweiz wird von Heuschrecken-Experten als eher stabil oder sogar als leicht zunehmend eingeschätzt (u.a. pers. Mitt. Florin Rutschmann und Christian Roesti

vom 12.6.2018). Möglicherweise hatten die extreme Sommertrockenheit und die sehr hohen Temperaturen in der zweiten August- und ersten Septemberhälfte 2016 (MeteoSchweiz 2016) eine dezimierende Wirkung auf die genannten Arten, v.a. auf die dünnhäutigere und leichter dehydrierende Langfühlerschrecke *C. fuscus*. Es könnte sich aber zumindest teilweise auch um natürliche Bestandesfluktuationen oder, im Falle der nur sehr leise rufenden Art *C. fuscus*, um einen gewissen Bearbeitereffekt handeln.

Unsere Erfassungsmethoden unterschieden sich vom methodischen Vorgehen der Untersuchungsjahre 1990 und 2000, was bei den Resultaten zur Entwicklung der relativen Häufigkeiten mitberücksichtigt werden muss. Es ist davon auszugehen, dass die aufsummierten Dichteklassen von 1990 und 2000 die tatsächlichen relativen Häufigkeiten der Arten von damals nur ungefähr wiedergeben. Trotz dieser Unschärfe gehen wir davon aus, dass das verwendete Datenmaterial für die Feststellung von offensichtlichen Trends ausreicht. Dies insbesondere auch darum, weil die meisten dieser Trends eine Fortführung der bereits zwischen 1990 und 2000 festgestellten Tendenzen darstellen und statistisch signifikant bzw. hochsignifikant sind, so z.B. die kontinuierlichen Abnahmen der relativen Häufigkeiten von *Ch. dorsatus* und *C. fuscus* einerseits sowie die kontinuierlichen Zunahmen von *Ch. dispar* und *Ch. biguttulus* andererseits.

Schlussfolgerungen und Ausblick mit allgemeinen Empfehlungen zur Heuschreckenförderung

Die Vegetationsstruktur, die kleinräumige Vielfalt der Habitattypen sowie das Mikroklima sind für das Vorkommen vieler Heuschreckenarten ausschlaggebend (Essl and Dirnböck 2012, Guido and Gianelle 2001). Ebenfalls eine zentrale Bedeutung kommt einem intakten Lebensraumverbund zu, weil zwischen nahe liegenden Vorkommen ein stärkerer genetischer Austausch stattfindet. Bei *Stethophyma grossum*, einer Art mit mittlerem Ausbreitungspotenzial (Reinhardt et al. 2005), zeigte sich beispielsweise, dass die Lebensräume nur dann als vernetzt betrachtet werden können, wenn sie in einem Umkreis von ungefähr 3 km liegen (Keller et al. 2013a). Bei Arten mit geringem Ausbreitungspotenzial, wie etwa bei *Pteronemobius heydenii* und *Decticus verrucivorus* (Reinhardt et al. 2005), sind diese Distanzen wesentlich kleiner, bei den Männchen von *D. verrucivorus* nur ungefähr 40 m (Hjermann and Ims 1996). Besonders für wenig mobile Arten ist deshalb ein möglichst dichter Lebensraumverbund aus extensiv genutzten Grünlandflächen überlebenswichtig. Bei den Streueflächen Schönenbergs ZH ist dieses Verbundsystem im nördlichen und z.T. westlichen Teil bedeutend dichter als im östlichsten und südlichsten Teil. Zusammen mit den zahlreichen Flachmooren der benachbarten Gemeinden Hirzel (seit 1.1.2018 Teil der Gemeinde Horgen) und Wädenswil besteht ein dichtes Geflecht an Streueflächen, welches auch auf überkommunaler Ebene den Individuenaustausch wenig mobiler Heuschreckenarten zumindest teilweise erlauben dürfte. Bei den eher trockenen Extensivwiesen und Extensivweiden ist das Verbundsystem hingegen viel lückiger.

Die alleinige Ausscheidung und gesetzeskonforme Bewirtschaftung von Biodiversitätsförderflächen, wie beispielsweise Streueflächen, Extensivwiesen und Extensivweiden, reichen für den Schutz und die Förderung von Heuschrecken oftmals nicht aus (Kampmann et al. 2008). Zwar sind gemäss Direktzahlungsverordnung des Bundes zum Beispiel der Verzicht auf Düngerezufuhr und der jeweils früheste Schnitttermin vorgegeben (Schweizer Bundesrat 2013), es gibt jedoch auf Bundesebene keine verbindlichen Bestimmungen über zeitlich gestaffelten Schnitt bzw. das Belassen von Altgrasinseln. Grossflächig homogen genutztes Grünland weist eine kleinere Mikrohabitat-Heterogenität auf, was sich Taxa-übergreifend negativ auf die Artenvielfalt auswirkt, wie Stein et al. (2014) in einer Metastudie darlegten. Habitatheterogenität in der Kulturlandschaft kann die Artenvielfalt der Heuschrecken erhöhen, unabhängig von Arealgrösse und Mobilität der einzelnen Arten (Marini et al. 2010). Synchrone und grossflächige Mahd von Grünland verkleinern Populationsgrössen und Artenvielfalt von Arthropoden durch direkte Mortalität während der Mahd bzw. der Schnittgutentfernung sowie durch plötzliche Degradation der Lebensräume (Cizek et al. 2012). Die meisten Heuschreckenarten legen ihre Eier in den Boden ab, es gibt aber auch Arten, bei welchen die Eiablage oberirdisch in Pflanzenteile erfolgt. Dies gilt beispielsweise für die in unserer Untersuchung festgestellten, fast ausschliesslich in Streueflächen vorgefundenen Arten *Chrysocraon dispar*, bei der die Eiablage in gekammerte oder markhaltige Pflanzenstängel erfolgt, oder *Conocephalus fuscus*, welche die Eier in Blattscheiden oder Pflanzenstängel ablegt (Baur et al. 2006). Bei flächiger und gleichzeitiger Mahd von Streueflächen im Herbst werden die Eier dieser Arten vernichtet. Im Kanton Zürich wird diesem Umstand Rechnung getragen, indem in den Kern- und Regenerationszonen aller überkommunalen Naturschutzgebiete seit 2002 die Vorgabe gilt, in der Regel 5–10% der Fläche als Nutzungsbrache/Rückzugsstreifen stehen zu lassen, um von ergänzenden Bonuszahlungen des Kantons zu profitieren (ALN 2014). In Schönenberg ZH trifft dies auf die meisten Streueflächen zu. Solche Altgrasinseln ermöglichen nicht nur eine ungestörte Ei- und Embryonalentwicklung, sondern bieten vielen Heuschrecken während und/oder nach der Mahd Ersatzlebensräume und Versteckmöglichkeiten und wirken sich generell positiv aus auf Artenzahlen und Dichten von Heuschrecken (Buri et al. 2013, Humbert et al. 2012, Müller and Bossard 2010). Zudem ist im Kanton Zürich bei der Mahd der Naturschutzzonen I und der Regenerationszonen die Verwendung von Sensen oder Messerbalken obligatorisch und die Verwendung jeglicher Rotationsmähgeräte untersagt (ALN 2014). Diese Empfehlung zur schonenden Mahd gilt seit 2008 und ist seit 2014 obligatorisch, damit Bonuszahlungen des Kantons entrichtet werden (pers. Mitt. Martin Graf, Fachstelle Naturschutz Kt. ZH, vom 24.11.2017). Wie sich in einer Untersuchung von Oppermann and Krismann (2003) herausstellte, können schonende Bewirtschaftungsverfahren die Mortalität von

Heuschrecken um rund das Vierfache verkleinern. Auch wenn es methodisch nicht möglich ist, die seit 1990 signifikant angestiegene Heuschreckendiversität bzw. Individuendichte der Heuschrecken in den Streueflächen Schönenbergs ZH direkt auf die genannten Bewirtschaftungsvorgaben zurückzuführen, gehen wir davon aus, dass dieser Faktor mitverantwortlich war für den gesamthaft gesehen positiven Trend.

Verdankungen

Wir bedanken uns bei Dr. Urs Gimmi (Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich) und Beatrice Peter (Wildensbuch ZH), die uns die Vergleichsdaten der Heuschreckenkartierungen von 1990 und 2000 zur Verfügung stellten. Zudem danken wir Carlota Erismann (Amt für Landwirtschaft Kanton Zürich) für die Zusammenstellung der Daten zu den Biodiversitätsförderflächen in Schönenberg ZH. Der Facheditor und zwei Reviewer lieferten substantielle Verbesserungen zum Manuskript.

Literatur

- ALN (Amt für Landschaft und Natur des Kantons Zürich) (2014) Bewirtschaftungsbeiträge für Naturschutzleistungen, Stand 16.5.2014. Fachstelle Naturschutz.
- ALN (Amt für Landschaft und Natur des Kantons Zürich) (2015) Interner Datenbankauszug der Biodiversitätsförderflächen von Schönenberg ZH, Stand 2.4.2015. Abteilung Landwirtschaft.
- ALN (Amt für Landschaft und Natur des Kantons Zürich) (2018) Heuschrecken-Inventar 1990. Geodatensatz. [Abgerufen im März 2018 von <http://www.geolion.zh.ch/geodatensatz/show?nbid=583>]
- ARE (Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich) (2017) Orthofoto SWISSIMAGE des Bundesamts für Landestopographie im Perimeter der Kantons Zürich. [Abgerufen im Oktober 2017 von <http://maps.zh.ch>]
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (2007) Bundesinventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und von nationaler Bedeutung (Moorlandschaftsinventar).
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (2011) Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1103, 132 pp.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (2017) Faktenblatt BLN 1307 Glaziallandschaft Lorze – Sihl mit Höronenkette und Schwantenau. [Abgerufen im Juli 2017 von <http://www.bafu.admin.ch/bln>]
- Baudirektion des Kantons Zürich (1995) Naturschutz-Gesamtkonzept für den Kanton Zürich, 56 pp.
- Baur B, Baur H, Roesti C, Roesti D (2006) Die Heuschrecken der Schweiz. Haupt, Bern, 353 pp.
- BLW (Bundesamt für Landwirtschaft) (2017) Agrarbericht 2017. [Abgerufen im November 2017 von www.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/biodiversitaet]
- Bollens U, Güsewell S, Klötzli F (2001) Vegetation changes in two Swiss fens affected by eutrophication and desiccation. *Botanica Helvetica* 111: 121–137.

- Bosshard A (2015) Rückgang der Fromentalwiesen und die Auswirkungen auf die Biodiversität. *Agrarforschung Schweiz* 1: 20–27.
- Buri P, Arlettaz R, Humbert J-Y (2013) Delaying mowing and leaving uncut refuges boosts orthopterans in extensively managed meadows: evidence drawn from field-scale experimentation. *Agriculture, ecosystems & environment* 181: 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.003>
- Chisté MN, Mody K, Gossner MM, Simons NK, Köhler G, Weisser WW, Blüthgen N (2016) Losers, winners, and opportunists: How grassland land-use intensity affects orthopteran communities. *Ecosphere* 7: e01545.
- Cizek O, Zamecnik J, Tropek R, Kocarek P, Konvicka M (2012) Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. *Journal of Insect Conservation* 16: 215–226. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9407-6>
- CSCF (2017) Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF/SZKF). <http://www.cscf.ch> [Abgerufen im September 2017]
- de Jong Y, Verbeek M, Michelsen V, de Place Bjørn P, Los W, Steeman F, Bailly N, Basire C, Chylarecki P, Stloukal E (2014) Fauna Europaea—all European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal* 2: e4034. <https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e4034>
- Delarze R, Gonseth Y (2008) Lebensräume der Schweiz. hep Verlag, Bern, 424 pp.
- Detzel P (1998) Die Heuschrecken Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart, 580 pp.
- Duelli P, Obrist MK (2003) Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic and Applied Ecology* 4: 129–138. <https://doi.org/10.1078/1439-1791-00140>
- Essl F, Dirnböck T (2012) What determines Orthoptera species distribution and richness in temperate semi-natural dry grassland remnants? *Biodiversity and Conservation*: 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0315-1>
- Fischer M, Altermatt F, Arlettaz R, Bartha B, Baur B, Bergamini A, Bersier L, Birrer S, Braunisch V, Dollinger P (2015) Zustand der Biodiversität in der Schweiz 2014. Forum Biodiversität Schweiz, Bern, 94 pp.
- Gimmi U, Lachat T, Bürgi M (2011) Reconstructing the collapse of wetland networks in the Swiss lowlands 1850–2000. *Landscape Ecology* 26: 1071–1083. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9633-z>
- GMBA (Global Mountain Biodiversity Assessment) (2017) GMBA mountain inventory. [Abgerufen im Juli 2017 von www.mountain-biodiversity.org]
- Guido M, Gianelle D (2001) Distribution patterns of four Orthoptera species in relation to microhabitat heterogeneity in an ecotonal area. *Acta Oecologica* 22: 175–185. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(01\)01109-2](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(01)01109-2)
- Heydenreich M (1999) Die Bedeutung der Heuschreckenart *Stethophyma grossum* L., 1758 (Caelifera: Acrididae) als Bestandteil eines Zielartensystems für das Management von Niedermooren. Dissertation Braunschweig: Technische Universität Carolo-Wilhelmina, 124 pp.
- Hjermann DO, Ims RA (1996) Landscape ecology of the wart-biter *Decticus verrucivorus* in a patchy landscape. *Journal of Animal Ecology*: 768–780. <https://doi.org/10.2307/5675>
- Hsieh TC, Ma KH, Chao A (2016) iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers) *Methods in Ecology and Evolution* 7: 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Humbert J-Y, Ghazoul J, Richner N, Walter T (2012) Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biological Conservation* 152: 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.015>
- Kampmann D, Herzog F, Jeanneret P, Konold W, Peter M, Walter T, Wildi O, Lüscher A (2008) Mountain grassland biodiversity: Impact of site conditions versus management type. *Journal for Nature Conservation* 16: 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2007.04.002>
- Keller D, Holderegger R, Strien MJ (2013a) Spatial scale affects landscape genetic analysis of a wetland grasshopper. *Molecular Ecology* 22: 2467–2482. <https://doi.org/10.1111/mec.12265>
- Keller D, van Strien MJ, Herrmann M, Bolliger J, Edwards PJ, Ghazoul J, Holderegger R (2013b) Is functional connectivity in common grasshopper species affected by fragmentation in an agricultural landscape? *Agriculture, ecosystems & environment* 175: 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.006>
- Klaiber J, Altermatt F, Birrer S, Chittaro Y, Dziöck F, Gonseth Y, Hoess R, Keller D, Küchler H, Luka H, Manzke U, Müller A, Pfeifer MA, Roes-ti C, Schlegel J, Schneider K, Sonderegger P, Walter T, Holderegger R, Bergamini A (2017) Fauna Indicativa. WSL Berichte 54, 192 pp.
- Knop E, Kleijn D, Herzog F, Schmid B (2006) Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 43: 120–127. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01113.x>
- Kohli L (2011) Stickstoffeintrag aus der Luft verändert Vielfalt. BDM-Facts Nr. 3. Bundesamt für Umwelt, Bern, 4 pp.
- Körner C, Jetz W, Paulsen J, Payne D, Rudmann-Maurer K, Spehn EM (2017) A global inventory of mountains for bio-geographical applications. *Alpine Botany* 127: 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00035-016-0182-6>
- Kranebitter P, Hilpold A, Wilhalm T (2007) Die Kartierung der Heuschrecken (Insecta, Saltatoria) Südtirols. *Gredleriana* 7: 195–208.
- Lachat T, Burgisser L, Clerc P, Lambelet-Haueter C, Price MJ (2010) Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900: ist die Talsohle erreicht? Haupt, Bern, 435 pp.
- Magurran A (2004) Measuring Biological Diversity. Blackwell, Oxford, 264 pp.
- Marini L, Bommarco R, Fontana P, Battisti A (2010) Disentangling effects of habitat diversity and area on orthopteran species with contrasting mobility. *Biological Conservation* 143: 2164–2171. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.05.029>
- Marti F (2005) Arbeitshilfen für Erfolgskontrollen zu ÖQV-Vernetzungsprojekten – Heuschrecken. Amt für Landschaft und Natur des Kantons Zürich (ALN), Fachstelle Naturschutz, 12 pp.
- MeteoSchweiz (2016) Klimabulletins August und September 2016. Zürich.
- Monnerat C, Thorens P, Walter T, Gonseth Y (2007) Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug 0719, 62 pp.
- Müller M, Bosshard A (2010) Altgrasstreifen fördern Heuschrecken in Ökowiesen – Eine Möglichkeit zur Strukturverbesserung im Mähgrünland. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 42: 212–217.
- Oppermann R, Krismann A (2003) Schonende Bewirtschaftungstechnik für artenreiches Grünland. In: Oppermann R, Gujer HU (eds) (2003) Artenreiches Grünland bewerten und fördern - MEKA und ÖQV in der Praxis. Ulmer, Stuttgart, 199 pp.
- Peter B (2001) Vergleich der Landnutzung und der Verbreitung von Heuschreckenarten der Jahre 1990 und 2000 in der Gemeinde Schönenberg, Kanton Zürich, Schweiz unter besonderer Berücksichtigung des ökologischen Ausgleichs in der Landwirtschaft. Diplomarbeit

- Heidelberg: Fakultät für Biologie der Ruprecht-Karls-Universität, 101 pp.
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Reinhardt K, Köhler G, Maas S, Detzel P (2005) Low dispersal ability and habitat specificity promote extinctions in rare but not in widespread species: the Orthoptera of Germany. *Ecography* 28: 593–602. <https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04285.x>
- Roth T, Amrhein V, Peter B, Weber D (2008) A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time. *Agriculture, ecosystems & environment* 125: 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.12.012>
- Sachteleben J, Hartmann P, Marschalek H, Neugebauer KR, Sturm P, Wagner M (2007) Reagieren Heuschrecken auf die Aushagerung von Grünlandflächen? Ergebnisse einer neunjährigen Studie im Alpenvorland. *Articulata* 22: 129–152.
- Schweizer Bundesrat (2013) Verordnung über die Direktzahlungen in der Landwirtschaft vom 23.10.2013, Stand am 7.2.2017.
- Smith TM, Smith RL (2009) *Ökologie*. Pearson Deutschland, München, 982 pp.
- Statistisches Amt des Kantons Zürich (2017) Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich 2017. [Abgerufen im Juli 2017 von <http://www.statistik.zh.ch>]
- Stein A, Gerstner K, Kreft H (2014) Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology letters* 17: 866–880. <https://doi.org/10.1111/ele.12277>
- Swengel AB (2001) A literature review of insect responses to fire, compared to other conservation managements of open habitat. *Biodiversity & Conservation* 10: 1141–1169. <https://doi.org/10.1023/A:1016683807033>
- ter Braak CJ, Šmilauer R (2012) *Canoco reference manual and user's guide: software for ordination (version 5.0)* Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA, 496 pp.
- Vittoz P, Cherix D, Gonseth Y, Lubini V, Maggini R, Zbinden N, Zumbach S (2013) Climate change impacts on biodiversity in Switzerland: a review. *Journal for Nature Conservation* 21: 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.12.002>
- Walter T, Eggenberg S, Gonseth Y, Fivaz F, Hedinger C, Hofer G, Klieber-Kühne A, Richner N, Schneider K, Szerencsits E, Wolf S (2013) Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft-Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL) ART-Schriftenreihe 18, Zürich-Reckenholz-Tänikon.

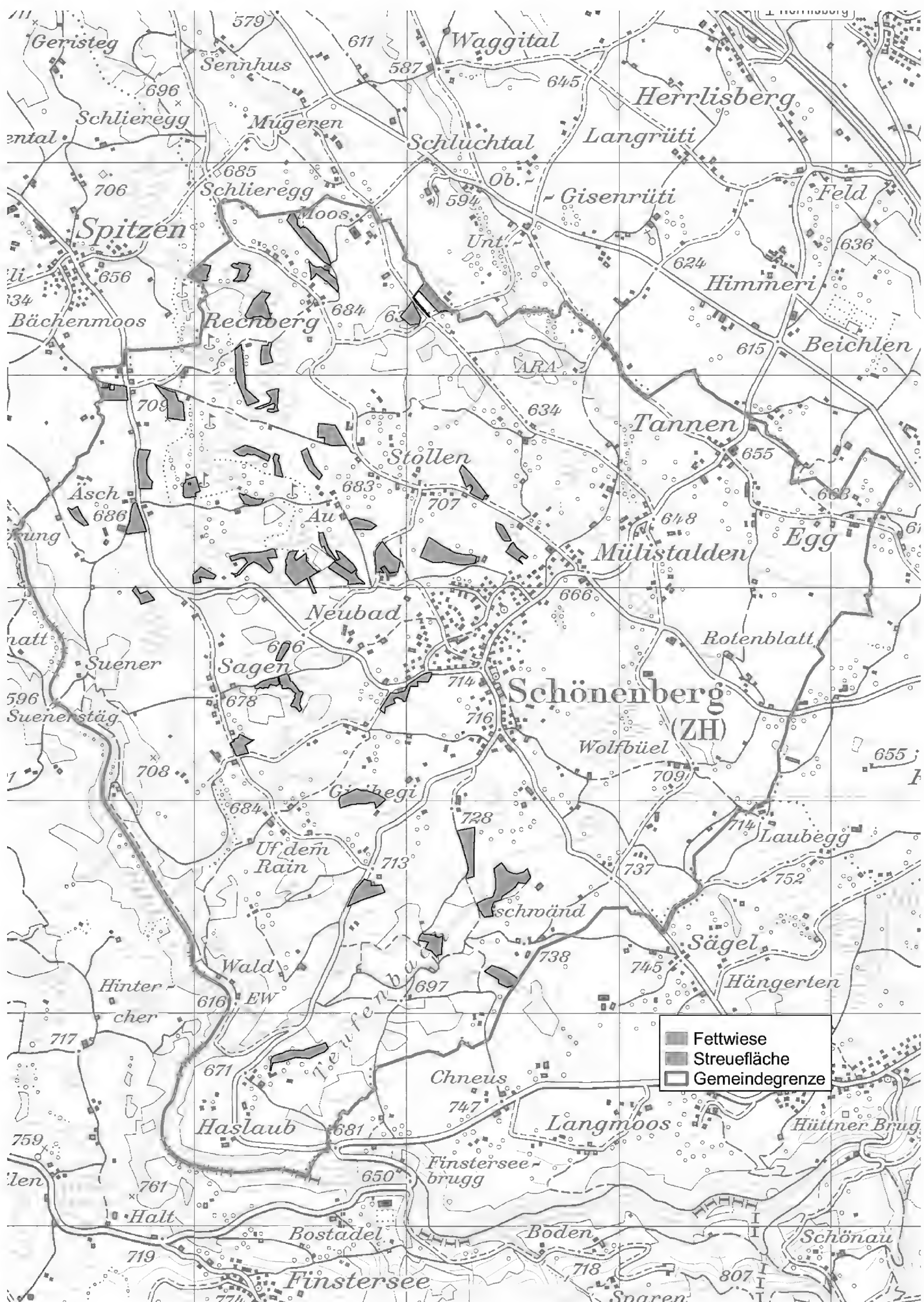


Abb. 11. Flächenauswahl aus den Heuschreckenkartierungen von 2000 in der Gemeinde Schönenberg ZH als Grundlage für den Vergleich mit den Kartierjahren 1990 und 2016. 19 Fettwiesen und 27 Streueflächen. SWISSIMAGE Bundesamt für Landestopographie, abgerufen via Geodatenatz ARE (2017).

Anhang 2

Tab. 5. Rohdatensatz zu den beobachteten Heuschrecken 2016 in den landwirtschaftlichen Nutzungseinheiten Schönenbergs ZH. F = Fettwiesen, Wi = Extensivwiesen, We = Extensivweiden, S = Streueflächen.

ID	<i>Chorthippus albomarginatus</i>	<i>Chorthippus biguttulus</i>	<i>Chorthippus dorsatus</i>	<i>Chrysochaera dispar</i>	<i>Conocephalus fuscus</i>	<i>Decticus verrucivorus</i>	<i>Gomphocerippus rufus</i>	<i>Mecostethus parapleurus</i>	<i>Omocestus viridulus</i>	<i>Pholidoptera griseoptera</i>	<i>Pseudochorthippus montanus</i>	<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	<i>Pteronemobius heydenii</i>	<i>Roeseliana roeselii</i>	<i>Stethophyma grossum</i>	<i>Tettigonia viridissima</i>	Total
F1	0	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	14	0	4	0	0	26
F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
F3	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	16
F4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	20
F5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	4	0	0	17
F6	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	15
F7	13	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	22	0	9	0	0	46
F8	7	2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	20	0	3	0	0	38
F9	11	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	22	0	5	0	0	40
F10	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	17	0	0	0	0	25
F11	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	33
F12	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	27
F13	0	12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	20
F14	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	3	0	0	20
F15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	27
F16	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	22
F17	2	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	18	0	4	0	0	32
F18	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	39
F19	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	4	0	0	25
F20	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	30
F21	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	3	0	0	37
F22	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	32
F23	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	23
F24	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	23
F25	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	4	0	0	30
F26	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	2	0	0	19
F27	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1	0	0	22
F28	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	37
F29	0	6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	9	0	5	0	0	22
F30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16
Wi1	0	0	4	0	0	5	0	11	5	0	0	7	0	0	0	0	32
Wi2	0	0	7	0	0	0	0	3	4	0	0	6	0	0	0	0	20
Wi3	0	0	0	0	0	2	0	6	7	0	4	4	0	1	0	0	24
Wi4	0	5	3	0	0	0	15	8	0	0	0	8	0	3	0	0	42
Wi5	2	3	0	0	0	0	9	2	0	0	0	0	0	3	0	3	22
Wi6	2	7	0	0	0	0	8	0	0	0	0	4	0	8	0	0	29
Wi7	0	4	0	0	0	0	7	0	0	0	0	8	0	0	0	0	19
Wi8	0	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	2	0	0	16
Wi9	0	12	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	10	0	0	27
Wi10	0	5	1	0	0	1	0	4	0	0	4	2	0	0	0	0	17
Wi11	0	7	0	0	0	2	5	4	0	0	0	7	0	0	0	0	25
Wi12	0	12	0	0	0	0	0	6	0	0	0	8	0	0	0	0	26
Wi13	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	10
Wi14	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	3	0	2	0	0	13
Wi15	3	0	8	0	0	4	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	22
Wi16	0	10	0	0	0	0	4	5	0	0	0	3	0	2	0	0	24
Wi17	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	20
Wi18	0	8	0	2	0	0	8	0	0	0	0	10	0	1	0	0	29

ID	<i>Chorthippus albomarginatus</i>	<i>Chorthippus biguttulus</i>	<i>Chorthippus dorsatus</i>	<i>Chrysochraon dispar</i>	<i>Conocephalus fuscus</i>	<i>Decticus verrucivorus</i>	<i>Gomphocerippus rufus</i>	<i>Mecostethus parapleurus</i>	<i>Omocestus viridulus</i>	<i>Pholidoptera griseoaptera</i>	<i>Pseudochorthippus montanus</i>	<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	<i>Pteronemobius heydenii</i>	<i>Roeseliana roeselii</i>	<i>Stethophyma grossum</i>	<i>Tettigonia viridissima</i>	Total
Wi19	0	8	0	0	0	0	0	2	0	0	0	8	0	4	0	0	22
Wi20	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	12	0	5	0	0	25
Wi21	0	7	0	0	0	0	8	2	0	0	0	6	0	0	0	0	23
Wi22	0	14	5	0	0	4	5	1	0	0	3	9	0	12	0	0	53
Wi23	0	9	0	0	0	0	5	0	0	0	0	3	0	3	0	0	20
Wi24	0	5	11	1	0	3	0	0	0	0	0	6	0	2	0	0	28
Wi25	0	5	0	0	0	0	16	3	0	0	0	4	0	5	0	0	33
Wi26	0	7	2	0	0	0	0	2	0	2	0	10	0	5	0	0	28
Wi27	0	3	0	0	0	0	10	3	0	0	0	4	0	7	0	0	27
Wi28	0	13	0	0	0	0	6	0	0	0	0	12	0	4	0	0	35
Wi29	0	10	8	0	0	4	10	0	0	0	0	4	0	8	0	0	44
Wi30	0	2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	6	0	6	0	0	22
We1	0	6	0	0	0	0	12	3	0	0	0	14	0	0	0	0	35
We2	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	9	0	2	0	0	19
We3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1	0	0	15
We4	0	7	0	0	0	0	7	0	0	0	0	8	0	3	0	0	25
We5	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2	0	2	15
We6	3	5	4	0	0	0	2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	22
We7	0	12	5	0	0	3	8	1	0	0	0	6	0	2	0	0	37
We8	0	10	0	0	0	0	4	1	0	0	0	6	0	2	0	3	26
We9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	17
We10	0	19	0	0	0	0	6	2	0	0	0	8	0	6	0	0	41
S1	0	0	9	0	0	8	0	11	5	0	16	4	0	0	0	0	53
S2	0	0	11	2	2	6	0	8	3	0	15	0	0	0	5	0	52
S3	0	0	8	5	5	3	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	35
S4	0	0	11	3	0	6	0	5	0	0	7	0	0	2	0	7	41
S5	0	0	17	6	1	4	0	7	0	0	14	3	0	3	4	6	65
S6	0	0	12	10	0	3	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	34
S7	0	0	6	12	3	5	0	0	0	0	6	0	0	3	5	0	40
S8	0	0	10	6	4	5	0	0	0	0	8	4	0	0	6	0	43
S9	0	0	4	8	7	0	0	0	0	0	4	0	0	0	6	0	29
S10	0	0	7	12	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6	45
S11	0	0	10	3	3	4	0	4	0	0	16	5	0	0	8	0	53
S12	0	0	9	4	5	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	3	29
S13	0	0	7	3	3	3	0	2	0	0	8	4	0	0	0	3	33
S14	0	0	9	14	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	11	5	44
S15	0	0	5	0	5	9	0	0	0	0	19	1	0	3	11	4	57
S16	0	0	9	4	5	5	0	0	0	0	14	0	0	0	5	2	44
S17	0	0	12	2	4	8	0	2	0	0	16	0	0	0	7	0	51
S18	0	0	14	5	3	6	0	4	0	0	10	0	0	3	5	0	50
S19	0	0	7	4	7	3	0	2	4	0	6	0	0	0	4	9	46
S20	0	0	11	8	4	3	0	0	0	0	11	4	0	0	0	1	42
S21	0	0	9	11	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	41
S22	0	0	0	12	5	0	0	1	0	10	4	2	0	3	8	3	48
S23	0	0	13	0	8	3	0	0	0	0	6	0	0	2	0	2	34
S24	0	0	10	7	0	7	0	0	0	0	16	2	2	0	0	3	47
S25	0	0	10	0	0	2	0	0	5	0	12	0	4	0	0	4	37
S26	2	0	9	6	0	6	0	0	0	3	12	2	0	4	2	0	46
S27	0	0	14	0	2	5	0	5	0	0	8	0	0	0	4	0	38
S28	0	0	4	6	0	5	0	0	0	0	6	0	0	3	0	0	24
S29	0	0	0	3	0	0	0	0	0	17	12	0	0	7	0	0	39
S30	0	0	8	6	5	10	0	0	0	0	8	0	0	1	4	4	46
Total	101	381	360	165	106	150	176	144	39	32	296	766	6	199	102	81	3104

Anhang 3

Tab. 6. Rohdatensatz zu den beobachteten Heuschrecken 2016 in den Streueflächen Schönenbergs ZH. S = Streueflächen.

ID	Gesellschaft	<i>Chorthippus albomarginatus</i>	<i>Chorthippus dorsatus</i>	<i>Chrysochraon dispar</i>	<i>Conocephalus fuscus</i>	<i>Decticus verrucivorus</i>	<i>Mecostethus parapleurus</i>	<i>Omocestus viridulus</i>	<i>Pholidoptera griseoptera</i>	<i>Pseudochorthippus montanus</i>	<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	<i>Pteronemobius heydenii</i>	<i>Roeseliana roeselii</i>	<i>Stethophyma grossum</i>	<i>Tettigonia viridissima</i>	Total
S1	Pfeifengras	0	5	0	0	5	8	4	0	6	0	0	0	0	0	28
S1	Kleinseggen	0	4	0	0	3	3	1	0	10	4	0	0	0	0	25
S2	Pfeifengras	0	9	0	2	4	6	3	0	9	0	0	0	0	0	33
S2	Kleinseggen	0	2	2	0	2	2	0	0	6	0	0	0	5	0	19
S3	Pfeifengras	0	4	2	4	3	0	0	0	7	0	0	0	0	0	20
S3	Kleinseggen	0	4	3	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	15
S4	Hochstauden	0	7	3	0	2	1	0	0	6	0	0	2	0	7	28
S4	Kleinseggen	0	4	0	0	4	4	0	0	1	0	0	0	0	0	13
S5	Grosseggen	0	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	0	13
S5	Hochstauden	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	14
S5	Pfeifengras	0	10	0	0	4	7	0	0	12	3	0	1	0	1	38
S6	Schilf	0	6	4	0	2	0	0	0	9	0	0	0	0	0	21
S6	Hochstauden	0	6	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
S7	Kleinseggen	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	4	0	9
S7	Hochstauden	0	3	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
S7	Schilf	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	9
S7	Pfeifengras	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	9
S8	Pfeifengras	0	5	2	0	5	0	0	0	7	4	0	0	0	0	23
S8	Hochstauden	0	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
S8	Grosseggen	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	11
S9	Schilf	0	2	8	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	16
S9	Grosseggen	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	13
S10	Grosseggen	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	10
S10	Hochstauden	0	4	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	35
S11	Grosseggen	0	6	2	3	0	0	0	0	2	1	0	0	8	0	22
S11	Pfeifengras	0	4	1	0	4	4	0	0	14	4	0	0	0	0	31
S12	Grosseggen	0	7	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
S12	Pfeifengras	0	2	3	2	0	0	0	0	6	2	0	0	0	3	18
S13	Pfeifengras	0	3	0	0	3	2	0	0	8	4	0	0	0	0	20
S13	Hochstauden	0	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13
S14	Grosseggen	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	18
S14	Hochstauden	0	3	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19
S14	Schilf	0	2	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	7
S15	Grosseggen	0	2	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	11	0	18
S15	Hochstauden	0	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10
S15	Pfeifengras	0	1	0	1	8	0	0	0	15	1	0	3	0	0	29
S16	Pfeifengras	0	5	1	0	5	0	0	0	14	0	0	0	0	1	26
S16	Hochstauden	0	4	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	18
S17	Pfeifengras	0	9	2	3	8	1	0	0	11	0	0	0	0	0	34
S17	Kleinseggen	0	3	0	1	0	1	0	0	5	0	0	0	7	0	17
S18	Hochstauden	0	6	2	3	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	17
S18	Schilf	0	5	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	0	16
S18	Kleinseggen	0	3	0	0	3	4	0	0	4	0	0	0	3	0	17
S19	Pfeifengras	0	3	0	0	3	2	4	0	6	0	0	0	2	2	22
S19	Hochstauden	0	2	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	18
S19	Schilf	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6
S20	Hochstauden	0	10	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	23
S20	Kleinseggen	0	1	0	0	3	0	0	0	11	4	0	0	0	0	19

ID	Gesellschaft	<i>Chorthippus albomarginatus</i>	<i>Chorthippus dorsatus</i>	<i>Chrysochraon dispar</i>	<i>Conocephalus fuscus</i>	<i>Decticus verrucivorus</i>	<i>Mecostethus parapleurus</i>	<i>Omocestus viridulus</i>	<i>Pholidoptera griseoaptera</i>	<i>Pseudochorthippus montanus</i>	<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	<i>Pteronemobius heydenii</i>	<i>Roeseliana roeselii</i>	<i>Stethophyma grossum</i>	<i>Tettigonia viridissima</i>	Total
S21	Hochstauden	0	9	11	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11	41
S22	Grosseggen	0	0	2	3	0	1	0	0	1	0	0	0	8	0	15
S22	Pfeifengras	0	0	2	0	0	0	0	1	3	2	0	2	0	1	11
S22	Hochstauden	0	0	8	2	0	0	0	9	0	0	0	1	0	2	22
S23	Pfeifengras	0	6	0	0	3	0	0	0	6	0	0	2	0	0	17
S23	Hochstauden	0	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	17
S24	Hochstauden	0	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12
S24	Schilf	0	6	3	0	6	0	0	0	16	2	2	0	0	0	35
S25	Grosseggen	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11
S25	Kleinseggen	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	4	0	0	0	8
S25	Pfeifengras	0	3	0	0	2	0	4	0	9	0	0	0	0	0	18
S26	Kleinseggen	2	5	0	0	5	0	0	0	12	2	0	0	2	0	28
S26	Hochstauden	0	4	6	0	1	0	0	3	0	0	0	4	0	0	18
S27	Grosseggen	0	7	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	14
S27	Pfeifengras	0	7	0	0	5	5	0	0	7	0	0	0	0	0	24
S28	Hochstauden	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7
S28	Pfeifengras	0	4	0	0	5	0	0	0	6	0	0	2	0	0	17
S29	Kleinseggen	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	12
S29	Hochstauden	0	0	3	0	0	0	0	17	0	0	0	7	0	0	27
S30	Pfeifengras	0	5	2	0	10	0	0	0	8	0	0	1	2	0	28
S30	Hochstauden	0	3	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	18
Total		2	265	162	106	120	51	17	30	285	33	6	34	102	73	1286